

**IDENTIFIKASI, KARAKTERISASI, DAN UJI KISARAN INANG
PENYEBAB PENYAKIT BUSUK BATANG TANAMAN SORGUM
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**

(Skripsi)

Oleh

DITA OKTAVIANI

1914191021



**JURUSAN PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI, KARAKTERISASI, DAN UJI KISARAN INANG PENYEBAB PENYAKIT BUSUK BATANG TANAMAN SORGUM (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Oleh

DITA OKTAVIANI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter dan identitas penyebab busuk batang tanaman sorgum dan mengetahui kemampuan patogen untuk menginfeksi tanaman lain selain tanaman sorgum. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus tahun 2022 Laboratorium Bioteknologi Pertanian Universitas Lampung menerima sampel tanaman sorgum yang menunjukkan gejala busuk pada bagian batang. Sebanyak dua isolat bakteri (SM1.2 dan SM1.3) dan delapan isolat jamur (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8) yang diduga menjadi penyebab busuk batang berhasil diisolasi dari bagian tanaman yang bergejala. Hasil uji biokimia memperlihatkan bahwa kedua isolat bakteri yang didapatkan merupakan kelompok gram negatif, bersifat fermentatif, *lechitinase* positif, *soft rot* positif, hipersensitif positif, tidak berpendar pada media King's B, *casein* positif, serta mampu menggunakan *D-tartrate*, *Sodium L-glutamat*, *M-tartrate*, *Citric acid monohydrate*, *Tri sodium citrate dihydrate*, *Mannitol* dan *Glycerol* sebagai sumber karbonnya. Isolat SM1.2 bersifat *arginine dihydrolase* positif, sedangkan isolat SM1.3 bersifat *arginine dihydrolase* negatif dan mampu tumbuh pada suhu 39°C dan 40°C. Berdasarkan hasil analisis sekuens 16SrDNA menunjukkan bahwa isolat bakteri tersebut berada dalam kelompok *Dickeya zea*. Berdasarkan hasil uji kisaran inang menunjukkan bahwa kedua isolat bakteri tersebut mampu menyebabkan gejala busuk pada lunak pada seledri, wortel, lidah buaya, sawi putih, kubis, pakcoy, lobak, timun, gambas, pare, buncis, daun bawang, bawang merah, bawang putih, cabai merah, paprika, tomat, terung, kacang panjang, dan okra. Untuk isolat jamur hasil analisis sekuens TEF menunjukkan bahwa isolat jamur tersebut berada dalam kelompok *Fusarium verticillioides*.

Kata kunci: busuk batang jagung, karakterisasi dan identifikasi, *Sorghum bicolor*

**IDENTIFIKASI, KARAKTERISASI, DAN UJI KISARAN INANG
PENYEBAB PENYAKIT BUSUK BATANG TANAMAN SORGUM
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**

Oleh

Dita Oktaviani

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi

: **IDENTIFIKASI, KARAKTERISASI, DAN
UJI KISARAN INANG PENYEBAB
PENYAKIT BUSUK BATANG TANAMAN
SORGUM (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**

Nama Mahasiswa

: **Dita Oktaviani**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **1914191021**

Jurusan

: **Proteksi Tanaman**

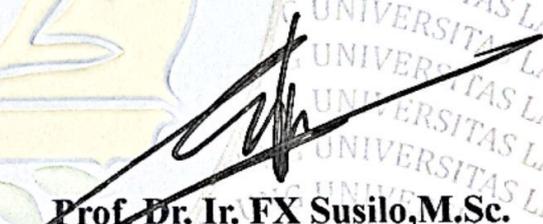
Fakultas

: **Pertanian**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.
NIP. 198106212005011003


Prof. Dr. Ir. FX Susilo, M.Sc.
NIP. 195908081983031001

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman


Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.
NIP. 198108152008122001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Pembimbing Utama : Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.



Anggota Pembimbing : Prof. Dr. Ir. FX Susilo, M.Sc.



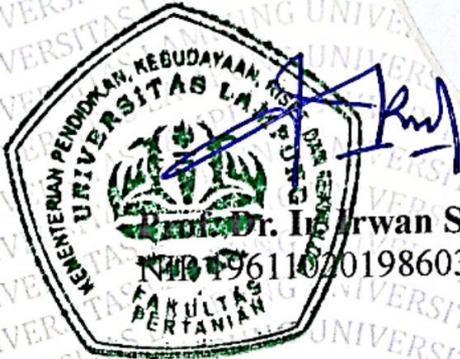
Penguji Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian

Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP. 196110201986031002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 01 Desember 2023

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“IDENTIFIKASI, KARAKTERISASI, DAN UJI KISARAN INANG PENYEBAB PENYAKIT BUSUK BATANG TANAMAN SORGUM (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ”** merupakan hasil saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 Desember 2023

Penulis,



Dita Oktaviani

NPM.1914191021

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Podosari, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung pada 26 Oktober 2000. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Budi Anto dan Ibu Sri Lestari. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di TK Seroja pada tahun 2007, SDN 1 Rejosari pada tahun 2013, SMP Islam KH. Ghalib pada tahun 2016, dan SMAN 2 Pringsewu pada tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP).

Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Enggal Rejo, Kecamatan Adiluwih, Kabupaten Pringsewu dan Praktik Umum di Laboratorium Pengamatan Hama dan Penyakit (LPHP) Trimurjo, Kecamatan Simbar Waringin, Kabupaten Lampung Tengah. Penulis pernah aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota Bidang Seminar dan Diskusi (2021 dan 2022), organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa Universitas (BEM-U) sebagai anggota Kementrian Sekretaris Kabinet (2020).

PERSEMBAHAN

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Identifikasi, Karakterisasi dan Uji Kisaran Inang Penyebab Penyakit Busuk Batang Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)”**

Dengan penuh rasa syukur karya ini saya persembahkan sebagai ucapan terima kasih saya untuk :

1. Ibu dan Nenek tersayang, Sri Lestari dan Ngatinah yang senantiasa memberikan dukungan, doa dan motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan pendidikan serta semangat yang selalu diberikan
2. Bapak Dr. Radix Suharjo, S.P.,M.Agr., Bapak Prof. Dr. Ir. FX Susilo, M.Sc., dan Bapak Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc, Yang selalu memberikan bimbingan selama penulis menempuh pendidikan sehingga sampai mampu menyelesaikan skripsi ini.
3. Ponakanku tersayang Tsabita Yumna dan Nazia Wafaabqura serta sahabatku Nurul Aulia Rahma, dan seluruh keluargaku yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama menulis skripsi ini.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”..

(Q.S. Al Baqarah : 286)

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri.”

(QS.Ar Rad: 11)

“Siapa yang keluar untuk menuntut ilmu, maka dia berjuang fi sabilillah hingga kembali. ‘’

-HR. Tirmidzi-

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Identifikasi, Karakterisasi dan Uji Kisaran Inang Penyebab Penyakit Busuk Batang Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)”. Skripsi ini disusun secara maksimal dan mendapat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr.Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang memfasilitasi mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Lampung untuk melaksanakan penelitian.
2. Dr.Yuyun Fitriana, S.P., M.P., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman yang telah memberikan saran, dukungan, dan doa.
3. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., selaku pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, nasihat, ilmu, doa, saran dan masukan selama penulis melaksanakan penelitian hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Prof. Dr. Ir. FX Susilo, M.Sc., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan ilmu, motivasi, nasihat, dan saran selama penulis proses penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc., selaku pembahas yang telah memberikan motivasi, nasihat, dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan baik.
6. Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis dari awal hingga akhir perkuliahan.

7. Kedua orang tuaku tercinta, Ayah Budi Anto dan Ibu Sri Lestari, terima kasih atas kasih sayang, nasihat, motivasi, dan doa yang tiada hentinya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dan dapat menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.
8. Nenekku dan ponakan tersayang, Ngatinah dan Tsabita Yumna yang selalu mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Alfiannida Tian Salsabila, terimakasih atas segala bantuan, motivasi, semangat dalam segala keadaan suka maupun duka selama perkuliahan khususnya penelitian.
10. Mbak Tariyati, Mbak Gita, Mariya, Fitri grup pafiliun, terimakasih atas segala bantuan, motivasi, semangat dalam segala keadaan suka maupun duka selama perkuliahan khususnya penelitian.
11. Khairul Fathur Nazzarudin, terimakasih atas segala bantuan, motivasi, semangat dalam segala keadaan suka maupun duka selama perkuliahan khususnya penelitian.
12. Dita Meiliana, Defi Ariza, dan Suci Aulia Hersaputri atas dukungan, motivasi, dan masukan yang telah diberikan kepada penulis.
13. Haura, Hafizh, Hikmah, Ketut, Intan, Oka, Andreas, dan teman-teman yang tidak dapat saya ucapkan satu persatu atas bantuan, doa, dan dukungan.
14. Mba Yeyen, Mba Safira Nuraini, dan Bang Nando atas bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
15. Keluarga Proteksi Tanaman 2019 yang tidak bisa saya ucapkan satu persatu.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas saran, masukan dan keluahan waktu dalam membantu penelitian dan menyelesaikan skripsi. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca dan terkhusus kepada penulis.

Bandar Lampung, 12 Desember 2023

Penulis

Dita Oktaviani

DAFTAR ISI

I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Kerangka Pemikiran	2
1.4 Hipotesis	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tanaman Sorgum (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench)	4
2.2 Taksonomi dan Morfologi Tanaman Sorgum (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench)	5
2.3 Manfaat Tanaman Sorgum (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench)	7
2.4 Penyakit Busuk Batang Sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench)	8
2.5 Pengendalian Penyakit Busuk Batang Tanaman Sorgum	9
III. METODE PENELITIAN	10
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	10
3.2 Bahan dan Alat	10
3.3 Pelaksanaan Penelitian	11
3.3.1 Uji Patogenesitas	11
3.3.2 Identifikasi Penyebab Penyakit	12
3.3.2.1 Bakteri	12
3.3.2.2 Jamur	19
3.3.3 Uji Kisaran Inang	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Hasil penelitian	22
4.1.1 Bakteri	22
4.1.1.2 Patogenisitas	22

4.1.1.3 Identifikasi dan Karakteristik Penyebab Penyakit.....	22
4.1.1.4 Uji Biokimia.....	22
4.1.1.5 Identifikasi Molekuler.....	29
4.1.1.6 Kisaran Inang.....	29
4.1.2 Jamur.....	33
4.2 Pembahasan	36
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1 Simpulan.....	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	43

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.Hasil uji kemampuan bakteri busuk batang tanaman sorgum untuk menggunakan beberapa jenis bahan organik.....	28
2.Hasil uji kisaran inang busuk batang tanaman sorgum	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi Tanaman Sorgum	5
2. Hasil Uji Patogenisitas pada 3 hari setelah inokulasi.....	22
3. Hasil Negatif pada Uji Gram setelah ditetesi KOH 3%	23
4. Hasil Uji Oksidatif/Fermentatif	23
5. Hasil Uji <i>lechitinase</i> bersifat positif dengan ditandai zona putih	24
6. Hasil Uji Fluoresensi pada media king's B positif.....	24
7. Hasil Uji Arginin negatif.....	25
8. Hasil Uji Casein positif.....	25
9. Hasil Hipersensitif menunjukkan adanya gejala nekrotik.....	26
10. Hasil Uji Soft rot positif.....	27
11. Hasil Kemampuan Tumbuh pada Suhu 39 °C dan 40 °C.....	27
12. Hasil Uji Kemampuan menggunakan beberapa jenis bahan organik.....	28
13. Pohon Filogeni bakteri.....	29
14. Hasil Uji Kisaran inang.....	32
15. Koloni jamur penyebab busuk batang tanaman sorgum.....	33
16. Kenampakan mikroskopis jamur penyebab busuk batang tanaman sorgum...34	
17. Uji patogenisitas jamur.....	34
18. Pohon filogenik jamur.....	35

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) merupakan salah satu tanaman yang dapat menghasilkan sebagai sumber pangan, pakan ternak dan bahan baku industri.

Sorgum dapat tumbuh pada hampir semua jenis tanah dan mempunyai kemampuan adaptasi yang luas. Tanaman ini mempunyai daya adaptasi tinggi yaitu lebih tahan terhadap kekeringan bila dibandingkan dengan tanaman serealia lainnya. Oleh karena itu, sorgum merupakan tanaman yang sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi salah satu tanaman alternatif dalam memenuhi kebutuhan pangan, pakan dan industri (Sirappa, 2003).

Produktivitas sorgum di Indonesia rata-rata masih sangat rendah. Produktivitasnya sekitar 1 ton/ha, dibandingkan dengan di Amerika Serikat yang sudah bisa mencapai 3,6 ton/ha. Rendahnya produktivitas sorgum di Indonesia antara lain disebabkan oleh petani belum menerapkan teknologi budidaya secara benar (Sutrisna dkk., 2013). Budidaya tanaman sorgum manis banyak mengalami kendala yang dapat menyebabkan produksi tanaman sorgum manis menjadi rendah baik secara kuantitas maupun kualitas. Salah satu kendala tersebut adalah penyakit layu yang disebabkan oleh jamur *Fusarium* spp. (Semangun, 2001).

Beberapa penyakit dilaporkan ditemukan pada tanaman sorgum di Indonesia. Penyakit yang biasanya yaitu seperti karat disebabkan *Puccinia*, busuk pelepah yang disebabkan *Rhizoctonia solani*, busuk batang yang disebabkan *Fusarium* sp. dan *Pythium* (Soenartiningih dan Fatmawati, 2012). Selain *Fusarium* sp. menurut Singh *et al.* (2017), busuk batang sorgum juga disebabkan oleh *Erwinia chrysanthemi*. Bulan April 2022 Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas

Pertanian, Universitas Lampung menerima sampel tanaman sorgum yang berasal dari Padang, Sumatra Barat, menunjukkan gejala busuk batang. Sebanyak 2 isolat bakteri dan 8 isolat jamur yang diduga sebagai patogen tanaman berhasil diisolasi dari sampel tanaman yang bergejala. Namun begitu, hingga saat ini belum diketahui karakteristik, identitas dan kisaran inang isolat-isolat tersebut. Informasi ini sangat diperlukan sebagai dasar penentuan tindakan pengendalian yang akan dilakukan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui karakter dan identitas penyebab busuk batang tanaman sorgum.
2. Mengetahui kemampuan patogen penyebab busuk batang pada tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) untuk menginfeksi tanaman lain selain tanaman sorgum.

1.3 Kerangka Pemikiran

Jamur *Fusarium* sp. dan bakteri *Erwinia chrysanthemi* dilaporkan sebagai penyebab penyakit busuk batang pada tanaman sorgum. Jamur *Fusarium* merupakan salah satu patogen tular tanah yang sangat berbahaya bagi tanaman sorgum manis karena dapat bertahan lama dalam tanah. Jamur *Fusarium* dapat bertahan dalam tanah lebih dari 10 tahun dalam bentuk kladidiospora. *Fusarium* sp. menyerang tanaman sorgum di semua tahap pertumbuhan dan dapat menyebabkan busuk pada bibit sehingga gagal untuk berkecambah (*damping off*). Bagian akar yang terinfeksi akan mengalami pembusukan dan selanjutnya akan menjalar ke bagian batang, kondisi ini menyebabkan terjadinya gangguan translokasi air dan nutrisi di dalam jaringan akar tanaman. *Fusarium* sp. juga merupakan jamur yang mempunyai banyak spesies dan kisaran inang seperti cabai, tomat, kacang tanah, kacang panjang, kedelai dan lain-lainnya (Semangun, 1998).

Menurut Singh *et al.* (2017), bakteri *Erwinia chrysanthemi* dapat menyerang dan menyebabkan penyakit pada tanaman sorgum. Bakteri ini banyak dilaporkan

menjadi penyebab busuk batang dan busuk pucuk tanaman sorgum di India selama musim panen tahun 1987-1988 di ladang sorgum Uttarakhand. Bakteri ini menyebabkan pembusukan pada satu atau dua ruas, bahkan seluruh batang tanaman sorgum. Serangan bakteri ini juga menyebabkan daun bersifat klorotik dan berwarna pucat kuning, bukan berwarna hijau. Penyakit ini muncul sebelum proses pembungaan. Dampak dari penyakit ini yaitu, kerugian ekonomi, biomassa dan penurunan hasil.

Berdasarkan literatur dalam negeri, jamur *Fusarium* sp. dilaporkan sebagai penyebab penyakit busuk batang pada tanaman sorgum. Sedangkan di negara lain banyak yang sudah membahas tentang bakteri *Erwinia chrysanthemi* sebagai penyebab penyakit busuk batang pada tanaman sorgum (Singh and Singh, 2016). Hal ini menjadi dasar pemikiran bahwa belum banyaknya informasi terhadap penyebab penyakit busuk batang pada tanaman sorgum di Indonesia. Oleh karena itu, perlu adanya identifikasi lebih lanjut menggunakan beberapa metode yang sudah diterapkan peneliti terdahulu diantaranya uji biokimia, identifikasi molekuler, serta mengetahui kisaran inang yang berpotensi menyebabkan gejala busuk lunak pada tanaman lainnya.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. A. Jamur *Fusarium* dapat menyebabkan penyakit busuk batang tanaman sorgum penyebab penyakit busuk batang tanaman sorgum.
B. Bakteri *Erwinia chrysanthemi* dapat menyebabkan penyakit busuk batang tanaman sorgum.
2. Penyebab penyakit busuk batang sorgum dapat menginfeksi tanaman lain selain tanaman sorgum.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Tanaman sorgum saat ini merupakan tanaman yang sangat potensial untuk dijadikan sebagai energi alternatif. Energi alternatif yang digunakan sebagai bahan pangan baik sebagai substitusi tepung pada makanan atau sebagai bahan baku gula cair dan bioetanol, serta dapat juga dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak dan papan (Abimanyu, 2012). Pengembangan sorgum saat ini masih terpusat di wilayah Indonesia arah bagian timur seperti daerah Jawa, NTT dan Sulawesi, dimana genotipe yang dikembangkan disesuaikan dengan agroekologi daerah setempat. Untuk wilayah Sumatra pengembangan penelitian sorgum belum begitu banyak, tapi telah dilakukan beberapa universitas seperti Universitas Bengkulu dan Lampung. Sedangkan untuk Sumatra Barat pengembangan penelitian sorgum masih dilakukan pada tahap awal (Kusumawati, 2013).

Sorgum dan jagung adalah tanaman sereal yang perlu dikembangkan di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan pangan, pakan dan industri. Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan konsumsi pangan meningkat, sehingga diperlukan perluasan areal pertanaman dan budidaya tanaman sereal yang makin intensif menyebabkan penyakit pada pertanaman semakin tersebar dan meluas ke daerah-daerah yang semula belum tertular penyakit. Sorgum memiliki kandungan nutrisi seperti protein, karbohidrat dan lemak yang tidak berbeda jauh dari jagung pipil dan beras. Kandungan protein (11 g per 100 g bahan dapat dimakan (BDD)) dan kalium (249 mg per 100 g BDD) pada sorgum lebih tinggi dibandingkan beras (protein: 8,4 g per 100 g BDD; kalium: 71 mg per 100 g BDD) dan jagung pipil (protein 9,8 g per 100 g BDD; kalium 79,4 g per 100 g BDD). Kandungan karbohidrat sorgum (73 g per 100 g BDD) lebih tinggi dibandingkan jagung (69,1 g per 100 g BDD) dengan kandungan lemak (sorgum: 3,3 g per 100 g BDD;

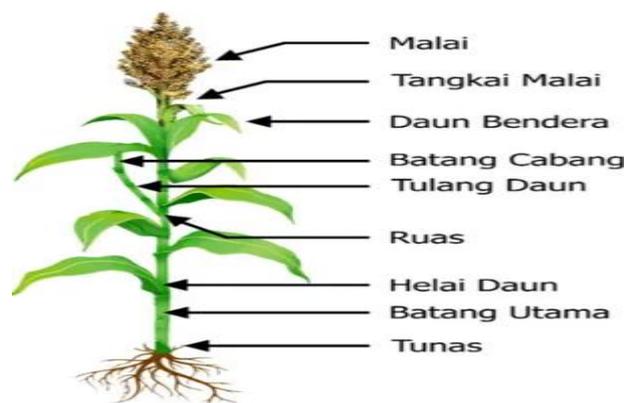
jagung: 7,9 g per 100 g BDD) yang lebih rendah. Kandungan lain seperti kalsium, fosfor, zat besi, natrium dan kalium tersedia dalam sorgum sebagai sumber mikronutrien (Balitnak, 2006).

2.1.1 Taksonomi dan morfologi tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) termasuk ke dalam Famili poaceae. Menurut BPTP Jabar (2013), sorgum memiliki potensi yang cukup besar untuk dapat dikembangkan di Indonesia. Tanaman ini toleran terhadap kekeringan dan genangan, memiliki adaptasi yang luas dan dapat tumbuh baik di lahan yang kurang subur (Gambar 1).

Klasifikasi botani tanaman sorgum menurut Iriany (2014) yaitu :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Class	: Liliopsida
Ordo	: Cyperales
Family	: Poaceae
Genus	: <i>Sorghum</i> Moench
Spesies	: <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench



Gambar 1. Morfologi tanaman sorgum (Sumber: Azrai, 2021).

Perakaran tanaman sorgum sangat kokoh serta dapat membentuk akar-akar samping atau sekunder saat kondisi lingkungan tidak menguntungkan (Zubair,

2016). Tanaman sorgum membentuk perakaran sekunder dua kali lipat dari jagung (Andriani dan Isnaini, 2013). Akar sekunder akan berkembang secara ekstensif yang diikuti dengan matinya akar primer. Akar sekunder pada sorgum berfungsi sebagai penyerap air dan hara serta memperkokoh tegaknya tajuk (House, 1985).

Batang sorgum terdiri dari ruas dan buku tanpa kambium. Batang sorgum memiliki variasi diameter antara 0,5–5 cm dan tinggi antara 0,5–4 m. Karakter ruas batang bervariasi antara keras atau berair, bersari manis atau hambar, berkulit keras dengan bagian daging batang lebih lembut. Jaringan pengangkut lebih tebal pada bagian tengah batang dibandingkan bagian dasar dan pucuk. Perbukuan akan dilingkari oleh daun yang baru tumbuh lalu menanggalkannya saat daun kering dan menua. Percabangan lebih banyak muncul dari pucuk tanaman ketimbang bagian dasar dekat akar (House, 1985).

Daun tanaman sorgum memiliki ciri khas seperti berbentuk pita yang terdiri dari helai daun dan tangkai daun. Posisi daun tersusun secara berlawanan di sepanjang batang dengan pangkal daun yang tumbuh pada ruas batang. Rata-rata panjang daun sorgum adalah 1 m dan lebar rata-rata 5–13 cm (House, 1985). Lapisan silika dan lilin daun membantu mengurangi penguapan pada kondisi panas dan kekurangan air. Ketahanan suhu panas ini juga didukung sifat dorman pada lingkungan yang terlalu kering dan dapat melanjutkan kembali pertumbuhannya saat kondisi lingkungan mendukung (Zubair, 2016).

Fase pertumbuhan dan perkembangan tanaman sorgum terbagi tiga. Fase pertumbuhan yaitu fase vegetatif, fase pembentukan malai, serta fase reproduksi. Fase vegetatif berakhir saat pembentukan daun terhenti. Fase pembentukan malai cukup rentan terhadap cekaman panas dan kurangnya air. Calon malai akan berkembang cepat menjadi malai sempurna sebelum memulai fase reproduksi. Kekurangan air pada tahap ini akan menyebabkan malai tidak keluar utuh dari daun bendera. Malai matang ditandai dengan berubahnya warna malai dari hijau menjadi kekuningan (Tabri dan Zubachtirodin, 2013).

Tanaman sorgum mempunyai tipe sumber cahaya energi untuk fotosintesis. Proses fotosintesis jenis C4 yang memungkinkan tanaman ini untuk mengonsumsi sedikit air (efisiensi penggunaan air tinggi, efisien dalam penggunaan cahaya matahari, penggunaan zat hara yang efisien sehingga memungkinkan tanaman ini beradaptasi baik pada lingkungan kering dan suhu tinggi). Lahan kering iklim basah (lahan kering masam) mempunyai tingkat kesuburan tanah rendah, yang dicirikan oleh pH masam, C-organik, basa-basa dapat tukar, KB dan KTK rendah, sehingga untuk usaha pertanian diperlukan input yang cukup tinggi. Selain itu, potensi erosi di lahan kering masam pun cukup tinggi karena lebih dari 50% areal lahan kering masam berada pada bentuk wilayah berombak sampai bergunung (Subagyo *et al.*, 2006).

2.1.2 Manfaat Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Tanaman sorgum merupakan tanaman sumber pangan fungsional. Belum banyak tersentuh padahal sorgum mengandung serat pangan yang dibutuhkan tubuh (*dietary fiber*) untuk pencegahan penyakit jantung, obesitas, penurunan hipertensi, menjaga kadar gula darah dan pencegahan kanker usus. Beberapa senyawa fenolik sorgum diketahui memiliki aktivitas anti oksidan, anti tumor dan dapat menghambat perkembangan virus sehingga bermanfaat bagi penderita penyakit kanker, jantung dan HIV (Dicko *et al.*, 2006).

Tanaman sorgum memiliki kandungan gluten dan indeks glikemik (IG) yang lebih rendah sehingga sangat sesuai untuk diet gizi khusus. Biji sorgum hanya digunakan dalam jumlah terbatas karena berpengaruh terhadap fungsi asam amino dan protein. Penggunaan biji sorgum untuk ransum harus mempertimbangkan kandungan tanin kurang. Hasil penelitian dari Balitnak (2006), menyimpulkan bahwa kandungan tanin di atas 0,5% dapat menekan pertumbuhan ayam, dan bila mencapai 2% akan menyebabkan kematian. Lebih lanjut, penggunaan biji sorgum yang memiliki kandungan tanin kurang 0,5% dapat digunakan sebagai ransum pakan ayam hingga 30–60% karena tidak berpengaruh terhadap performa ayam.

Penggunaan biji sorgum tersebut dalam ransum juga tidak mempengaruhi produksi telur dan bobot ayam. Limbah sorgum (daun dan batang segar) dapat dimanfaatkan sebagai hijauan pakan ternak. Potensi daun sorgum manis sekitar 14–16% dari bobot segar batang atau sekitar 3 ton daun segar/ha dari total produksi 20 t/ha. Setiap hektar tanaman sorgum dapat menghasilkan jerami 2,62 ton bahan kering. Konsumsi rata-rata setiap ekor sapi adalah 15 kg daun segar/hari (Edy, 2014).

2.2. Penyakit Busuk Batang Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Penyakit busuk batang sorgum adalah salah satu penyakit yang menyebabkan kerugian yang paling merusak. Penyakit ini muncul pada batang sorgum dengan gejala tergenang air yang kemudian berubah warna menjadi coklat tua kemerahan. Penyakit busuk batang sorgum disebabkan oleh jamur *Fusarium* sp. dan bakteri *Erwinia chrysanthemi*. Jamur *Fusarium* sp. mempunyai miselia berwarna merah muda dengan konidia berbentuk elips terdiri dari 3-5 septa, ukuran konidia $4-6 \times 10-30 \mu\text{m}$ sedikit melengkung dan meruncing di kedua ujungnya. Jamur *Fusarium* sp. menyerang tanaman sorgum di semua tahap pertumbuhan dan dapat menyebabkan busuk pada bibit sehingga gagal untuk berkecambah atau mengalami *damping off*, selain itu jamur ini juga merusak bagian akar dan batang sehingga jamur ini disebut sebagai *soilborne disease* (Rusae dkk., 2015).

Bakteri *Erwinia chrysanthemi* menjadi salah satu penyebab penyakit busuk lunak pada berbagai spesies tanaman. *Erwinia chrysanthemi* bersifat motil dengan *flagella peritrichous*, biasanya 8-11 flagellata, gram negatif, tidak membentuk spora, batang lurus dengan ujung membulat, dan muncul sendiri atau berpasangan. Ukuran *Erwinia* berkisar antara $0,8-3,2 \times 0,5-0,8 \mu\text{m}$ (rata-rata $1,8 \times 0,6 \mu\text{m}$) tergantung pada sumber karbon yang ada pada media dan kondisi pertumbuhan. (Singh *et al.*, 2017).

Menurut Aloysius (2018), gejala khas penyakit busuk batang sorgum adalah pertumbuhan tanaman kerdil, tidak subur dan tidak berproduksi, bila berproduksi

sedikit bernas. Pada daun terdapat bercak kuning berkembang menjadi bercak coklat kemudian nekrotik dan kering. Pangkal batangnya berwarna coklat kehitaman dan puntung akarnya. Gejala sorgum awalnya terdapat di pelepah atau helai daun berupa bercak/hawar berwarna agak kemerahan dan berubah menjadi abu-abu.

Pengendalian penyakit pada tanaman sorgum yang banyak dilakukan yaitu. Pengendalian yang dilakukan dengan kultur teknis, mekanis, hayati, dan kimia seperti penggunaan varietas tahan, penggunaan bibit sehat bersertifikat, pengolahan drainase yang baik, pengolahan tanah dan pemberian bubuk bordo atau fungisida kimia berbahan aktif asam fosfit di sekitar perakaran tanaman terinfeksi atau pada lubang tanam bekas tanaman yang dibongkar sebelum replanting sebagai tindakan pencegahan. Aplikasi metabolit sekunder dan fungisida kimia yang dilakukan secara bergantian dengan interval seminggu sekali juga efektif mengendalikan penyakit ini pada pembibitan (Kusviati, 2014).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2022 hingga Maret 2023. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan, Jurusan Proteksi Tanaman dan Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Sampel yang diperoleh berasal dari Padang, Sumatra Barat. Dalam penelitian ini dilakukan isolasi terhadap sampel yang diperoleh terdapat 10 isolat, yaitu dua isolat bakteri dan delapan isolat jamur yang diisolasi dari batang pada tahun 2022.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu beberapa bahan isolasi hingga uji karakteristik, kisaran inang dan identifikasi molekuler. Beberapa bahan isolasi hingga uji karakteristik ialah alkohol 70%, minyak parafin, HCl, KOH 3%, 5% NaCl, *sodium hypochlorite* 2%, KOH 3%, *Bromothymol Blue* (BTB) 2 %, air steril, akuades, tanaman sorgum, tembakau, media *Yeast Peptone Agar* (YPA), *Water Agar* (WA), *Potato Peptone Glucose Agar* (PPGA), Oksidatif/Fermentatif (O/F), media *Skim Milk*, media *Ayer's*, media *King's B*, media *Yeast Pepton* (YP), *moeller media*, media *pikovskaya*. Selain itu, digunakan juga beberapa bahan pada uji kisaran inang menggunakan 22 spesies tanaman yang berasal dari 9 famili. dan beberapa bahan organik yaitu *Myo-inositol*, *D-raffinose*, *Innulin*, *Mannitol*, *Glycerol*, *5- ketogluconate*, dan *Ascorbic acid*. Bahan-bahan PCR yang digunakan antara lain yaitu *ethidium bromide* (EtBr), *MyTaq™ Red Mix*, DNA primer (fD1 dan rP2), *marker DNA ladder*, *loading dye*, buffer TE, dan agarose.

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain alat-alat untuk isolasi hingga uji karakterisasi, uji kisaran inang dan uji molekuler. Alat yang digunakan untuk isolasi . hingga uji karakterisasi ialah tabung reaksi, erlenmeyer, bunsen, gelas ukur, cawan petri, jarum ose, jarum ent, *Laminar Air Flow (LAF)*, *rotamixer*, timbangan elektrik, autoklaf, mikropipet, kertas merang, *water bath*, pinset, tabung *eppendorf* 1,5 mL, plastik tahan panas nampan, spidol, pisau, penggaris, *plastic wrapping*, *tissue*, *aluminium foil*, karet gelang, korek api, kapas, dan alat tulis. Alat yang digunakan untuk identifikasi molekuler yaitu cetakan gel 20x16x1 cm³ , *freezer*, mikropipet 0 - 1000 μ L, pipet tip 0 - 1000 μ L, tabung *eppendorf* 100 μ L, *microcentrifuge*, mesin PCR, alat elektroforesis, dan *gel documentation system*.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Uji Patogenesitas

Uji patogenesitas bertujuan untuk mengkonfirmasi bakteri dan jamur yang didapatkan benar merupakan patogen penyebab busuk batang tanaman sorgum. Pengujian dilakukan dengan menyiapkan tanaman sorgum berumur 21 hari di dalam polibag, kemudian diinokulasikan bakteri dan jamur. Setelah menimbulkan gejala maka diisolasi kembali untuk memastikan bahwa isolat tersebut sama dengan isolat yang digunakan.

Uji patogenisitas pada isolat bakteri. Langkah-langkah untuk melakukan uji yaitu dengan pembuatan suspensi bakteri dilakukan dengan mengambil 2 ose bakteri berumur 24 jam, selanjutnya dimasukan ke dalam tabung *eppendorf* 1,5 mL yang sudah berisi air steril 1 mL. Suspensi bakteri kemudian dihomogenkan menggunakan *rotamixer*. Inokulasi dilakukan dengan cara menyuntikan 0,5 mL suspensi bakteri ke dalam batang tanaman sorgum. Pengamatan dilakukan selama 7 hari setelah inokulasi.

Uji patogenisitas pada isolat jamur. Langkah-langkah yang dilakukan dengan menempelkan 1 bor gabus (diameter 0,5 cm) isolat jamur yang berumur 7 hari

pada tanaman sorgum, kemudian dilapisi dengan kapas steril yang sebelumnya telah ditetesi akuades steril dan direkatkan dengan selotip. Pengamatan dilakukan selama 7 hari setelah inokulasi. Untuk memastikan bahwa gejala yang muncul disebabkan oleh isolat yang diinokulasikan, dilakukan reisolasi pada bagian bergejala.

3.3.2 Identifikasi Penyebab Penyakit

Identifikasi dilakukan untuk mengetahui identitas penyebab penyakit busuk batang pada tanaman sorgum, baik yang berasal dari bakteri ataupun jamur. Identifikasi dilakukan melalui beberapa tahapan metode sebagai berikut.

3.3.2.1 Bakteri

3.3.2.1.1 Uji Biokimia

a. Uji Gram

Uji gram bertujuan untuk mengetahui isolat bakteri termasuk gram positif atau gram negatif. Pengujian dilakukan dengan mengambil satu ose isolat bakteri yang berumur 24 jam. Satu ose bakteri diletakkan pada kaca preparat dan setelah itu ditetaskan KOH 3% dan diratakan pada kaca tersebut menggunakan jamur ose. Kemudian jarum ose diangkat perlahan hingga tinggi kurang lebih 1 cm. Apabila terbentuk lendir dan mengental saat diangkat maka hal ini menunjukkan reaksi KOH dikatakan positif yang mana dapat diartikan isolat bakteri tersebut adalah gram negatif. Sedangkan, apabila ketika diangkat tidak membentuk lendir dan mengental maka reaksi KOH dikatakan negatif yang mana bakteri tersebut adalah gram positif (Powers, 1995).

b. Uji Oksidatif/Fermentatif (O/F)

Uji oksidatif/ fermentatif bertujuan untuk mengetahui sifat isolat bakteri termasuk aerob atau anaerob. Pengujian bakteri dilakukan menggunakan media O/F (Basal medium). Media tersebut dibuat menggunakan bahan yaitu 98 g bubuk media O/F dan 1000 mL akuades. Setelah itu media dituang sebanyak 4 mL pada tabung reaksi dan disterilisasi. Kemudian diambil isolat bakteri yang berumur 24 jam menggunakan jarum ent dan setelah itu ditusukkan samapai dasar tabung pada

media O/F. Kemudian dua tabung dengan isolat bakteri yang sama salah satunya diberi minyak parafin steril dan salah satunya lagi tidak diberi minyak parafin. Setelah itu bakteri diinkubasi pada suhu 28°C selama 1-7 hari dan diamati perubahan warna yang terjadi pada media O/F. Apabila terjadi perubahan warna hijau menjadi warna kuning pada media O/F yang diberi minyak parafin maupun tidak maka hal ini menunjukkan bahwa bakteri tersebut bersifat fermentatif. Sebaliknya, apabila terjadi perubahan warna hijau menjadi warna kuning pada media yang tidak diberi minyak parafin maka hal ini menunjukkan bahwa bakteri tersebut bersifat oksidatif (Tito, 2014).

c. Uji Lechitinase

Uji lechitinase bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri memproduksi enzim *lechitinase*. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan media berbahan dasar YPA dan *egg yolk*. Bahan yang digunakan untuk membuat media YPA antara lain 10 g pepton, 5 g *yeast*, 20 g agar dan 1000 mL akuades. Pengujian dilakukan dengan memasukkan 0,5 mL *egg yolk* ke dalam cawan petri setelah itu ditambahkan 10 mL media YPA dan dihomogenkan sampai merata. Kemudian diambil isolat bakteri yang sudah berumur 24 jam sebanyak satu ose dan digoreskan pada media *lechitinase*. Setelah itu bakteri diinkubasi pada suhu 28 °C dan diamati selama 1-7 hari. Apabila pada area goresan terdapat zona putih buram yang menyebar disekitar koloni bakteri maka isolat tersebut menunjukkan *lechitinase* positif. Sebaliknya apabila tidak menunjukkan zona buram pada area goresan maka dikatakan sebagai *lechitinase* negatif (Desnidasari, 2015).

d. Uji Floresensi pada Media King's B

Uji fluoresensi dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menghasilkan fluoresen. Pengujian dilakukan pada cawan petri yang sudah terdapat media King's B. Bahan media yang digunakan yaitu 20 g pepton, 1,5 g K₂HPO₄, 15 mL gliserol, 15 g agar dan 1000 mL akuades. Pengujian dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri berumur 24 jam kemudian digoreskan pada media King's B. setelah itu diinkubasi dalam suhu ruang selama 24-48 jam. Apabila bakteri memproduksi pigmen fluoresen maka hal ini akan terlihat ketika

biakan bakteri disinari ultra violet (UV) menghasilkan warna hijau berpendar sehingga digolongkan sebagai bakteri fluoresen (Schaad *et al.*, 2001).

e. Uji Arginin Dihydrolase (Moeller Media)

Uji arginin dilakukan untuk mengetahui kemampuan pertumbuhan bakteri pada kondisi anaerob dalam media yang mengandung bahan kimia arginine. Pengujian dilakukan dengan menggunakan media moeller 21 g dan 1000 mL akuades dan kemudian dihomogenkan. Setelah itu media dipanaskan menggunakan *microwave* dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian disterilisasi menggunakan autoclaf. Pengujian dilakukan dengan mengambil bakteri yang sudah berumur 24 jam menggunakan jarum preparat untuk ditusukkan pada media moeller sampai dasar tabung dan setelah itu ditambahkan minyak parafin steril. Selanjutnya bakteri diinkubasi pada suhu 28 °C dan dilakukan pengamatan selama 7-14 hari. Pengamatan dilakukan untuk melihat perubahan warna yang terjadi, apabila terdapat perubahan warna pada media dari merah kecoklatan menjadi warna ungu maka hal ini menunjukkan reaksi positif, sedangkan reaksi negatif ditandai dengan adanya perubahan warna media menjadi warna kuning (Suharjo, 2013).

f. Uji Casein

Uji casein bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menghidrolisis protein. Pengujian dilakukan dengan menggunakan media *Skim Milk Agar*. Bahan yang digunakan yaitu 10 g bubuk *Skim Milk Agar* dan 1000 mL akuades. Pengujian dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri berumur 24 jam yang kemudian digoreskan pada cawan petri yang sudah berisi media *Skim Milk Agar*. Setelah itu bakteri diinkubasi selama 24-48 jam hari dalam keadaan suhu 28 °C. Apabila terdapat zona bening di sekitar goresan bakteri maka hal ini menunjukkan reaksi positif, sedangkan jika tidak terdapat zona bening maka hal ini menunjukkan reaksi negatif (Fardiaz, 1992).

g. Uji Soft Rot

Uji *soft rot* dilakukan untuk mengetahui isolat bakteri yang menyebabkan busuk batang tanaman sorgum termasuk ke dalam bakteri penyebab busuk batang atau

tidak. Metode uji ini dilakukan dengan cara memotong umbi kentang setebal 1 cm kemudian dicuci dan dialirkan air selama 30 menit. Kemudian masing-masing irisan kentang diletakkan pada cawan petri yang sebelumnya sudah diberi tisu yang dilembabkan. Setelah itu diambil 1 ose isolat bakteri yang berumur 24 jam kemudian digoreskan pada bagian tengah permukaan kentang. Kemudian umbi kentang diinkubasi selama 24-48 jam dan dilakukan pengamatan. Tanda positif ditunjukkan oleh adanya pembusukan dan lendir pada umbi kentang (Lelliot and Stead, 1987).

h. Uji Hipersensitif

Uji hipersensitif bertujuan untuk mengetahui respon ketahanan tanaman tembakau terhadap invasi patogen. Reaksi yang terjadi diantaranya adalah meningkatnya permeabilitas membran sel, meningkatnya respirasi, akumulasi dan oksidasi senyawa fenol, dan pembentukan fitoaleksin (Agrios, 1988). Setelah itu terjadi pengeringan dan kematian sel inang di sekitar tempat invasi, selanjutnya patogen akan terisolasi dari jaringan yang hidup dengan adanya pembatas berupa sel yang telah mati pada daerah tersebut akan terpisah dari jaringan hidup. Setelah diinokulasi dengan isolat bakteri. Pengujian dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri yang sudah berumur 24 jam kemudian disuspensikan menggunakan 0,5 mL air steril dan kemudian dimasukkan ke dalam tabung *ependorf* 1,5 mL. setelah itu suspensi dihomogenkan menggunakan *rotamixer*. Kemudian diambil 0,5 mL suspensi bakteri dan disuntikkan pada daun tembakau melalui tulang daun sekunder atau tepatnya diantara kedua epidermis daun tembakau menggunakan jarum suntik. Bagian area suntikan kemudian diberikan label dan diinkubasi selama 24-48 jam. Apabila setelah diinkubasi terbentuk gejala nekrotik pada area inokulasi maka hal ini menunjukkan reaksi positif, sedangkan tidak adanya gejala nekrotik maka hal ini menunjukkan reaksi negatif.

i. Uji Kemampuan Tumbuh pada Beberapa Suhu

Uji ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri apakah dapat tumbuh pada suhu 39 °C dan 40 °C. Pengujian dilakukan pada media *Yeast Pepton* (YP) dengan bahan yaitu 10 g pepton, 5 g *yeast* dan 1000 mL akuades. Kemudian diambil satu ose bakteri yang sudah berumur 24 jam dan disuspensikan ke dalam

tabung *eppendorf* 1,5 mL yang telah berisi 0,5 mL air steril. Setelah itu suspensi dihomogenkan menggunakan *rotamixer*. Kemudian suspensi diambil menggunakan jarum ose dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang sudah berisi media YP. Setelah itu bakteri diinkubasi di dalam *waterbath* selama 3-7 hari yang dilakukan secara bergantian pada suhu 39 °C dan 40 °C. Apabila setelah dilakukan inkubasi dan terjadi perubahan warna media dari warna kuning menjadi putih keruh maka hal ini menunjukkan reaksi positif (Oktaviana, 2018).

j. Uji Kemampuan untuk Menggunakan Beberapa Jenis Bahan Organik

Uji pertumbuhan bertujuan untuk mengetahui kemampuan tumbuh bakteri pada bahan organik tertentu. Media yang digunakan adalah media Ayer's dengan komposisi $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 1 g, KCL 0,2 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,2 g, Bromthymol Blue (BTB) 2%, dan air akuades sebanyak 1000 mL. Bakteri diuji dengan beberapa bahan organik yang berbeda, yaitu *D-arabinose*, *D-tartrate*, *Inulin*, *Lactose*, *Cisacentic acid*, *D-Melibiose*, *D-raffinose*, *5-ketogluconate*, *mannitol*, *M-tartrate*, dan *Myo-inositol*. Pengujian dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri berumur 24 jam dan dimasukkan ke dalam tabung *eppendorf* 1,5 mL yang berisi 0,5 mL air steril, kemudian dihomogenkan menggunakan *rotamixer*. Selanjutnya bakteri diambil menggunakan jarum ent dan ditusukkan pada media Ayer's sampai dasar tabung. Kemudian diinkubasi pada suhu 28°C dan dilakukan pengamatan selama 21 hari. Apabila reaksi positif maka terjadi perubahan warna media dari hijau menjadi kuning atau biru dengan menyesuaikan bahan organik yang digunakan, hal ini menunjukkan bahwa bakteri mampu menggunakan bahan organik tersebut (Suharjo, 2013).

3.3.2.1.2 Identifikasi molekuler

a. Ekstraksi DNA

Ekstraksi bakteri dilakukan secara manual. Bakteri yang berumur 24 jam diambil sebanyak satu ose dari media PPGA dan dipindahkan ke dalam tube 1,5 mL, kemudian ditambah 20 µl TE menggunakan mikropipet, selanjutnya ditambah 10 mL SDS 10% + 3 µl protinase K dan dihomogenkan. Tube yang sudah berisi bakteri diinkubasi di *waterbath* pada suhu 37 °C selama 1 jam, kemudian

diinkubasi dan ditambahkan 100 μL NaCl, lalu dihomogenkan secara perlahan dan ditambah 80 μL CTAB 2%. Diinkubasi kembali pada suhu 65 $^{\circ}\text{C}$ selama 10-15 menit di *waterbath* (dihomogenkan setiap 10 menit), setelah diinkubasi, selanjutnya ditambahkan 720 μL *Chloroform Isoamyl Alcohol* (CI) (24:1) dan dihomogenkan secara perlahan, kemudian di sentrifuse 14.000 rpm selama 5 menit.

Hasil sentrifuse diambil supernatan dan diletakkan ke dalam tube 1,5 mL yang baru kemudian ditambah *Phenol Chloroform Isoamylalcohol* (PCI) (25:24:1) dengan volume yang sama dengan supernatan, dihomogenkan dan disentrifuse 14.000 rpm selama 5 menit, setelah disentrifuse supernatan diambil dan dipindahkan kedalam tube 1,5 mL yang baru, ditambahkan isopropanol 60% dengan volume yang sama dengan supernatan, dihomogenkan secara perlahan dan diinkubasi di dalam freezer selama 20 menit. Hasil inkubasi disentrifuse 14.000 rpm selama 5 menit. Setelah sentrifuse selesai supernatan yang di dalam tube dibuang dan ditambahkan alkohol 70% dingin sebanyak 400 μL , lalu disentrifuse kembali selama 5 menit dengan kecepatan 14.000 rpm. Kemudian alkohol dibuang dan pelet diinkubasi 1 hari pada suhu ruang. Setelah kering tube berisi pelet ditambahkan 20 μL TE. Ada tidaknya DNA yang didapat, maka dilakukan elektroforesis dan divisualisasikan menggunakan *Digidoc Imaging System*

b. Amplifikasi DNA dengan PCR

Amplifikasi DNA menggunakan mesin PCR, yaitu dengan memasukkan sebanyak 12,5 μL *Master Mix (Red Mix)* ke dalam tabung eppendorf 100 μL lalu ditambahkan primer 16 SrDna masing masing sebanyak 1 μL , larutan ekstrak DNA bakteri sebanyak 1 μL dan akuades steril 9,5 μL . Larutan yang sudah dibuat kemudian diamplifikasi menggunakan mesin PCR. Dalam menggunakan PCR ada lima tahapan, yaitu inisiasi, denaturasi, annealing, ekstensi, dan elongasi. Tahapan inisiasi merupakan tahapan yang dilakukan pada suhu 95 $^{\circ}\text{C}$ selama 5 menit dan hanya dalam 1 kali siklus, dilanjutkan dengan 30 siklus tahap denaturasi pada suhu 95 $^{\circ}\text{C}$ selama 1 menit, kemudian tahap selanjutnya yaitu annealing pada suhu 56 $^{\circ}\text{C}$ selama 1 menit dan ekstensi pada suhu 72 $^{\circ}\text{C}$ selama 1

menit serta tahap terakhir yaitu elongasi pada suhu 72 °C selama 5 menit dalam 1 kali siklus (Suharjo *et al.*, 2014).

d. Elektroforesis dan Visualisasi Hasil PCR

Elektroforesis dilakukan dengan pembuatan gel agarose 0,5% yang sudah ditambah 1 µL ethidium bromide (ETBr 10 mg/mL), kemudian dituangkan pada cetakan gel 20x16x1 dengan sisir. Gel agarose kemudian dimasukkan ke dalam alat elektroforesis yang berisi larutan TBE. Pada sumur pertama dalam agarose dimasukkan 3 µL Marker DNA *ladder*. Pada sumur berikutnya diisi oleh 3 µL hasil PCR, kemudian dilakukan elektroforesis selama 60-70 menit dengan tegangan 50 volt. Hasil PCR ditunggu hingga DNA bergerak kebawah hingga ditengah-tengah baris 3 dan 4 dari ujung lawan. Hasil elektroforesis dapat dilihat dengan *digi doc imaging system* yang hasilnya disimpan dalam komputer dan keberadaan profil DNA antar lokus gen dapat terlihat berupa pita terang (Oktaviana, 2018).

e. Sekuensing dan Analisis Hasilnya

Hasil PCR yang didapatkan dikemas terlebih dahulu dengan memberi nama dan keterangan pada kertas kemudian sampel hasil PCR diletakkan dengan perekat berupa solasi putih pada kertas tersebut. Setelah itu kertas digulung dan dilapisi dengan bubble wrap kemudian masukan ke dalam kotak. Hasil PCR yang diperoleh dikirim ke PT Genetika Science Jakarta untuk disekuensing. Hasil sekuensing yang sudah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan program MEGA 6 (Kumar *et al.*, 2016).

3.3.2.2 Jamur

Identifikasi jamur patogen dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Identifikasi secara makroskopis jamur yang sudah tumbuh pada media PDA didalam cawan petri diamati mulai dari bentuk koloni, warna permukaan, koloni dan warna bawah koloni jamur (Imroatus, 2019). Identifikasi pengamatan mikroskopis, isolat jamur yang telah murni diambil menggunakan jarum ose dan diletakkan ke objek glass dengan ditetesi akuades sebanyak satu tetes kemudian tutup dengan cover glass, isolat yang berada diatas objek glass diletakkan di

bawah mikroskop. Identifikasi secara mikroskopis dilakukan dengan mengamati bentuk hifa, bentuk makrokonidia.

3.3.2.2.1 Identifikasi Molekuler

a. Ekstraksi DNA

Ekstraksi Jamur dilakukan dengan cara isolat yang berumur 1-2 minggu dipanen dengan cara menambahkan 10 mL air steril pada cawan yang berisi biakan. Suspensi konidia kemudian dimasukkan ke dalam tabung dan disentrifuse pada kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit, kemudian ditambahkan alkohol 70% sebanyak 500 μ L. Pelet tersebut disentrifuse kembali pada kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit, setelah itu supernatan dibuang dan pelet ditambahkan 1000 μ L larutan buffer ekstraksi DNA 1. Pelet tersebut dihomogenkan menggunakan rotamixer hingga tersuspensi merata dalam larutan, kemudian dimasukkan ke dalam mortar dingin dan diinkubasi selama 1-2 hari di dalam kulkas. Selanjutnya, mortar tersebut diambil dan pelet ditumbuk selama 15 menit, kemudian dimasukkan ke dalam tube 1,5 mL sebanyak 0,5 mL dan ditambahkan CTAB 2% sebanyak 400 μ L dan di waterbath pada suhu 65 °C selama 1 jam. PCI sebanyak 500 μ L ditambahkan pada pelet dan dihomogenkan dengan sentrifuse pada kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit, kemudian ambil larutan bening 500 μ L dan pindahkan ke tabung baru 1,5 mL. Tambahkan CI (1:1) dan sentrifuse dengan kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit, kemudian ambil larutan atas 400 μ L dan dipindahkan ke tabung baru serta ditambahkan isopropanol 400 μ L (1:1) dan dikocok. Inkubasi pada suhu -20 °C selama 20 menit, pelet kemudian disentrifuse pada kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit. Hasil yang didapatkan merupakan pelet yang telah dipisahkan dari supernatan. Pelet tersebut ditambahkan alkohol 70% sebanyak 500 μ L dan sentrifuse selama 5 menit pada kecepatan 14.000 rpm, kemudian dikeringkan anginkan selama 1-2 hari. Pelet tersebut ditambahkan 20 mL larutan buffer TE.

b. Amplifikasi DNA dengan PCR

Tahapan amplifikasi DNA dengan PCR pada jamur. Tahap ini dilakukan dengan memasukkan sebanyak 12,5 μ L *Master Mix (Red Mix)* ke dalam tabung eppendorf

100 μ L lalu ditambahkan primer TEF (Tef F dan Tef R) masing masing sebanyak 1 μ L, larutan ekstrak DNA bakteri sebanyak 1 μ L dan akuades steril 9,5 μ L. Larutan yang sudah dibuat kemudian diamplifikasi menggunakan mesin PCR. Dalam menggunakan PCR ada lima tahapan, yaitu inisiasi, denaturasi, annealing, ekstensi, dan elongasi. Tahapan inisiasi merupakan tahapan yang dilakukan pada suhu 95 °C selama 5 menit dan hanya dalam 1 kali siklus, dilanjutkan dengan 30 siklus tahap denaturasi pada suhu 95 °C selama 1 menit, kemudian tahap selanjutnya yaitu annealing pada suhu 59 °C selama 1 menit dan ekstensi pada suhu 72 °C selama 1 menit serta tahap terakhir yaitu elongasi pada suhu 72 °C selama 5 menit dalam 1 kali siklus (Suharjo dkk., 2014).

c. Elektroforesis dan Visualisasi Hasil PCR

Langkah elektroforesis dan visualisasi hasil PCR pada isolat jamur. Elektroforesis dilakukan dengan pembuatan gel agarose 0,5% yang sudah ditambah 1 μ L ethidium bromide (ETBr 10 mg/mL), kemudian dituangkan pada cetakan gel 20x16x1 dengan sisir. Gel agarose kemudian dimasukkan ke dalam alat elektroforesis yang berisi larutan TBE. Pada sumur pertama dalam agarose dimasukkan 3 μ L Marker DNA *ladder*. Pada sumur berikutnya diisi oleh 3 μ L hasil PCR, kemudian dilakukan elektroforesis selama 60-70 menit dengan tegangan 50 volt. Hasil PCR ditunggu hingga DNA bergerak kebawah hingga ditengah-tengah baris 3 dan 4 dari ujung lawan. Hasil elektroforesis dapat dilihat dengan *digi doc imaging system* yang hasilnya disimpan dalam komputer dan keberadaan profil DNA antar lokus gen dapat terlihat berupa pita terang (Oktaviana, 2018).

d. Sekuensing dan analisis hasilnya

Hasil PCR yang didapatkan dikemas terlebih dahulu dengan memberi nama dan keterangan pada kertas kemudian sampel hasil PCR diletakkan dengan perekat berupa solasi putih pada kertas tersebut. Setelah itu kertas digulung dan dilapisi dengan bubble wrap kemudian masukan ke dalam kotak. Hasil PCR yang diperoleh dikirim ke PT Genetika Science Jakarta untuk disekuensing. Hasil

sekuensing yang sudah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan program MEGA 6 (Kumar *et al.*, 2016).

3.3.3 Uji Kisaran Inang

Uji kisaran inang hanya dilakukan untuk bakteri. Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui bakteri penyebab busuk batang pada tanaman sorgum apakah dapat menginfeksi pada tanaman lain selain sorgum. Pengujian dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri yang berumur 24 jam, kemudian disuspensikan dengan memasukkan bakteri ke dalam tabung *ependorf* 1,5 mL yang berisi air steril 0,5 mL dan dihomogenkan menggunakan *rotamixer*. Kemudian suspensi bakteri disuntikkan pada tanaman uji yang sebelumnya sudah dicuci bersih dan didisinfektan menggunakan alkohol. Jika bagian tanaman yang disuntik menunjukkan gejala busuk maka hal ini menunjukkan bahwa isolat bakteri mampu menginfeksi tanaman tersebut. Inokulasi dilakukan terhadap 22 spesies tanaman, antara lain bawang daun, brokoli, pakcoy, kubis, sawi putih, lidah buaya, terung, cabai, daun seledri, paprika, mentimun, kacang panjang, buncis, labu siam, okra, gambas, pare, tomat, wortel, bawang merah, bawang putih dan bawang bombay.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Penyakit busuk batang sorgum disebabkan oleh bakteri (*Dickeya zea*) dan jamur (*Fusarium verticillioides*).
2. Bakteri penyebab busuk batang tanaman sorgum memiliki beberapa karakteristik diantaranya: Gram negatif, bersifat fermentatif, Lechitinase positif, tidak berpendar pada media king's B negatif, *arginin dyhidrolase* positif, casein positif, *soft rot* positif, hipersensitif positif, mampu tumbuh hanya pada suhu 39 °C dan 40 °C dan mampu menggunakan *D-tartrate*, *Sodium L-glutamat*, *M-tartrate*, *Citric acid monohydrate*, *Trisodium Citrate dihydrate*, *Mannitol* dan Glycerol sebagai sumber karbonnya.
3. Bakteri penyebab busuk batang tanaman sorgum mampu menginfeksi gejala busuk pada lunak pada seledri, wortel, lidah buaya, sawi putih, kubis, pakcoy, lobak, timun, gambas, pare, buncis, daun bawang, bawang merah, bawang putih, cabai merah, paprika, tomat, terung, kacang panjang, dan okra.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dapat, disarankan untuk melakukan pengujian lebih lanjut tentang tingkat ketahanan beberapa varietas sorgum terhadap serangan patogen penyebab busuk batang sorgum. Perlu juga diteliti lebih lanjut apakah isolat yang didapatkan dapat menyerang tanaman selain tanaman sorgum.

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, H. 2012. *Pembuatan Etanol dari Biji Sorgum*. Makalah Seminar SEAMEO BIOTROP 24-25 September 2012. Bogor.
- Agrios, G.N. 1988. *Plant Pathology*. 3d ed. Academic Press. Ins. New York.
- Akbar, A., Ahmad, M., Azra, Neelam, Khan, S. Z., and Ahmad, Z. 2015. Characterization of the causal organism of soft rot of tomatoes and other vegetables and evaluation of its most aggressive isolates. *American Journal of Plant Sciences*. 6(4) : 511-517.
- Aloysius, R. 2018. Identification of fungal pathogen on shorgum plants in North Central Timor. *Jurnal Pertanian Konservasi Lahan Kering*. 3(4): 69-71.
- Andriani, A. dan Isnaini, M. 2013. *Marfologi dan Fase Pertumbuhan Sorgum*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Jakarta.
- Azrai, M. 2021. Parameter genetik dan daya gabung hasil dan komponen hasil jagung pada tiga taraf pemupukan N. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 5(1): 1-14.
- Balitnak. 2006. *Potensi Sorgum Sebagai Sumber Pakan Ternak*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Ternak. Bogor.
- Dicko, M.H., Gruppen, H., Traore, A.S., Voragen, A.G.J., and Berkel, W.J.H. 2006. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. *Journal of Biotechnology*. 5(5): 385-395.
- Desnidasari. 2015. Karakterisasi dan uji kisaran inang bakteri penyebab penyakit busuk lunak pada tanaman nanas (*Ananas comosus* L., Merr.). *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Edy, S. 2014. Pertumbuhan dan Hasil Tumpangsari Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) pada Beberapa Jarak Tanam Kacang Tanah (*Arachis hypogea* L.). *Skripsi*. Universitas Andalas. Padang.

- Esselman, M. T. and Liu, P.V. 1961. Lecithinase production by gram negative bacteria. *Journal of Bacteriology*. 81(6): 939-945.
- Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan I*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Goto, M. 1997. *Erwinia mazzotivora* sp. nov., the causal organism of bacterial leaf spot of *Mazzotus japonicus* Muell. Arg. *Internasional Journal of systematic Bacteriol.* 26(4): 467-473.
- Hardiansyah, M. Y., Yunus, M., dan Abdul, M. J. 2020. Identifikasi plant growth promoting rhizobacteria pada rizosfer bamboo duri dengan gam KOH 3%. *Agrotechnology Research Journal*. 4(1): 41-46.
- Hasanah, N. F., Delianis, P., dan Sri, Y. W. 2012. Karakterisasi metabolit sekunder bakteri Simbion Gastropoda *Conus miles* dengan metode GC-MS sebagai antibakteri MDR (Multi Drug Resistent). *Journal of Marine Research*. 1(2): 197-202.
- House, L.R. 1985. *A Guide to Sorghum Breeding*. Second edition. ICRISAT. Patancheru. India.
- Iriany R, M. 2014. *Asal Usul dan Taksonomi Tanaman Sorgum*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Sulawesi Selatan.
- Imroatus. 2019. Identifikasi jamur fusarium solani yang berasosiasi dengan penyakit busuk batang pada tanaman buah naga (*Hylocereus* sp.) di Kecamatan Bangorejo, Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 8(1): 91-102.
- Kusumawati, A., Eksara .P.N., dan Irfan, S. 2013. Karakterisasi dan evaluasi beberapa genotipe sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Di Sukarami Kabupaten Solok. *Jurnal Agroteknologi*. 4(1): 7-12.
- Kusviati, D. 2014. Pengendalian penyakit busuk pangkal batang lada dengan ekstrak pinang gambir. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 10(4): 103-111.
- Kumar, A.M.S., Hunjan, H., Kaur, P.P., Singh and Kaur, R. 2016. Evaluation of management of bacterial stalk rot of maize (*Dickeya zae*) using bioagents and chemical agents. *Journal of Applied and Natural Science*. 8(3): 1146-1151.
- Leslie, J.F. and Summerell, B.A. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing, Victoria. 388 p.
- Masnilah, R., Abdul. L. A., Tutung, H. A. dan Luqman, Q. A. 2013. Karakterisasi bakteri penyebab penyakit hawar daun edamame di jember. *Berkala Ilmiah Pertanian*. 1(1): 10-14.

- Lelliot, R.A. and Stead, D.E. 1987. *Methods For the Diagnosis of Bacterial Disease of Plants*. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Oktaviana, R. D. 2012. Hama dan penyakit tanaman buah naga (*Hylocereus* sp.) serta budidayanya di Yogyakarta. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Oktaviana, H.A. 2018. Identifikasi dan Uji Kisaran Inang Penyebab Penyakit Mati Pucuk pada Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.). *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Podile, A.R. and Kishore, A. K. 2006. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*. Gnanamickam SS, editor. Plant-Associated Bacteria. Springer. Netherland.
- Poerwanto, Sholihah, I.R., dan Sritamin, M. 2017. Identifikasi jamur *Fusarium solani* yang berasosiasi dengan penyakit busuk batang tsnaman buah naga. *Jurnal Agroteknologi Tropikal*. 8(1): 91-102.
- Powers, E.M. 1995. Efficacy of the ryu nonstaining KOH technique for rapidly determining gram reactions of foodborne and waterborne bacteria and yeasts. *Applied Environment Microbiology*. 61(10): 3756-3758.
- Rusae, A., Tondok, T.E., dan Wiyono, S. 2015. Risiko introduksi gandum ke Timur Tengah Utara: penyakit hawar daun dan Busuk Batang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 5(11): 166-167.
- Samson, R. Legendre, B.J, Christen, R, Saux, F.M, Achouak, W. Gardan, L. 2005. Transfer of *Pectobacterium chrysanthemi* (Burkholder et al. 1953) Brenner et al. 1973 and Brenneria paradisiaca to the genus Dickeya gen. nov. as *Dickeya chrysanthemi* comb. nov. and *Dickeya paradisiaca* comb. nov. and delineation of four novel species, *Dickeya dadantii* sp. nov., *Dickeya dianthicola* sp. nov., *Dickeya dieffenbachiae* sp. nov. and *Dickeya zeae* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 55(4): 1415-1427.
- Schaad, N.W.J.B., Jonesand, W., and Chun. 2001. *Laboratory Guide for Identification of plant pathogenic Bacteria*. Third Edition. APS Press. Amerika.
- Semangun, H. 2001. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Semangun. 1998. *Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Singh, P. and Singh, V. 2016. Evaluation of inoculation methods and standardization of *Erwinia chrysanthemi* inoculum concentration for germplasm screening against stalk rot in sorgum. *Microbiology Journal*. 10(4): 2747-2752.

- Singh, P., Singh, Y., and Purohit, J. 2017. Biochemical, physiological and morphological characterization of the bacterial isolate causing stalk rot of sorghum as *Erwinia Chrysanthemi*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(4): 341-346.
- Sirappa, M. P. 2003. Prospek pengembangan sorgum di Indonesia sebagai komoditas alternatif untuk pangan, pakan, dan industri. *Jurnal Litbang Pertanian*. 22(4): 133-140.
- Soenartiningih dan Fatmawati. 2012. *Evaluasi ketahanan beberapa varietas/galur sorgum terhadap penyakit antraknose*. Prosiding Seminar Nasional Serealia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Subagyo, H., Nata, S., and Agus, B. 2006. Characterization of hyacinth bean (*Lablab purpureus* (L.) sweet) seeds from Indonesia and their protein isolate. *Journals and Books*. 95(1): 65-70.
- Suharjo, R. 2013. Studies on the taxonomy and identification of *Dickeya* spp. and *Pectobacterium* spp. Isolated in Japan. *PhD Thesis*. Shizuoka University. Jepang.
- Suharjo, R., Sawada, H., and Takikawa, Y. 2014. Phylogenetic study of Japanese *Dickeya* spp. and development of new rapid identification methods using PCR RFLP. *Journal of General Plant Pathology*. 80(3): 237-254.
- Sutrisna, N., Sunandar, N., dan Zubair, A. 2013. Uji adaptasi beberapa varietas sorgum (*sorghum bicolor* L.) pada lahan kering di Kabupaten Ciamis, Jawa Barat. *Jurnal Lahan Suboptimal*. 2(2): 137-143.
- Tabri, F. dan Zubachtirodin. 2013. *Budidaya tanaman sorgum*. IAAD Press. Jakarta.
- Tito, I., M. 2014. Isolasi dan identifikasi bakteri kitinolitik yang terdapat pada cangkang lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*). *Skripsi*. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Usman, S. W. 2015. Bakteri Asosiasi Karang yang Terinfeksi Penyakit Brown Band (Brb) di Perairan Pulau Barranglompo Kota Makassar. *Skripsi*. Universitas Hassanudin. Makassar.
- Wibowo, F., I. Lakani., dan J. Panggeso. 2008. Eksplorasi Bakteri Endofit sebagai Agens Pengendalian Hayati terhadap Penyakit Darah pada Tanaman Pisang secara In- Vitro. *E-Jurnal Agrotekbis*. 2(6): 579-586.
- Yuka, R. A., Agus, S., dan Supono. 2021. Identifikasi bakteri bioremediasi pendegradasi total ammonia nitrogen (tan). *Jurnal Kelautan*. 14(1): 20-29.

Yusnafi. 2008. Serangan Patogen dan Gangguan terhadap Proses Fisiologis Pohon.
Karya Tulis. Universitas Sumatera Utara. Medan.

Zubair. 2016. *Sorgum Tanaman Multi Manfaat*. Unpad Press. Bandung.