

**EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN KELOR (*Moringa oleifera*
Lam.) SEBAGAI ANTIJAMUR TERHADAP PENYAKIT
BUSUK BUAH (*Gloeosporium* sp.) PADA TANAMAN APEL
(*Malus sylvestris* Mill.)**

**Oleh:
TANTY ANDRYANI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019**

**EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN KELOR (*Moringa oleifera*
Lam.) SEBAGAI ANTIJAMUR TERHADAP PENYAKIT
BUSUK BUAH (*Gloeosporium* sp.) PADA TANAMAN APEL
(*Malus sylvestris* Mill.)**

OLEH

TANTY ANDRYANI

155040200111041

**PROGAM STUDI AGOEKOTEKNOLOGI
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2019**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2019

Tanty Andryani



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Efektivitas Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* lam.) sebagai Antijamur terhadap Penyakit Busuk Buah *Gloeosporium* sp.) pada Tanaman Apel (*Malus sylvestris* mill.)

Nama Mahasiswa : Tanty Andryani

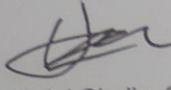
NIM : 155040200111041

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Progam Studi : Agoekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama, Pembimbing Pendamping,

Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. Fery Abdul Choliq, SP., MP., M.Sc.
NIP. 19590705 198601 1 003 NIK. 201503 860523 1 001

Diketahui,
Ketua Jurusan




Dr. Ir. Lujji Pantja Astuti, MS.
NIP. 19551018 198601 2 001

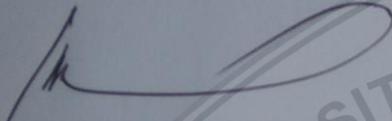
Tanggal Persetujuan: 30 JUL 2019

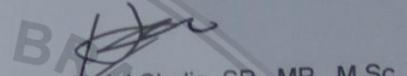
LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I

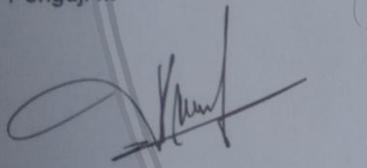
Penguji II

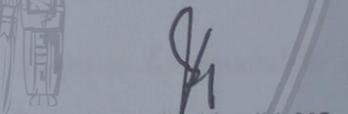

Dr. Anton Muhibuddin, SP., MP.
NIP. 19771130 200501 1 002


Fery Abdul Cholig, SP., MP., M.Sc.
NIK. 201503 860523 1 001

Penguji III

Penguji IV


Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS.
NIP. 19590705 198601 1 003


Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS.
NIP. 19580208 198212 1 001

Tanggal Lulus: 01 AUG 2019



Skripsi ini kupersembahkan untuk

Kedua Orangtua tercinta serta Kakak dan Adikku tersayang

RINGKASAN

Tanty Andryani. Efektivitas Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) sebagai Antijamur terhadap Penyakit Busuk Buah (*Gloeosporium* sp.) pada Tanaman Apel (*Malus sylvestris* Mill.). Dibawah bimbingan Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS sebagai Pembimbing Utama dan Fery Abdul Choliq, SP., MP., MSc. sebagai Pembimbing Pendamping.

Apel merupakan buah yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena memiliki rasa yang manis dan kandungan gizi cukup tinggi. Penyakit busuk buah apel yang disebabkan oleh jamur *Gloeosporium* sp. adalah salah satu penyakit yang sering ditemukan pada tanaman apel yang mengakibatkan gagal panen. Dalam mengatasi masalah ini, kebanyakan petani menggunakan fungisida sintesis yang dapat menimbulkan banyak kerugian. Secara alternatif jamur dapat dikendalikan oleh fungisida yang berasal dari alam yang aman bagi lingkungan dan tidak ada residu. Salah satu bagian tanaman yang telah diketahui dapat dijadikan fungisida nabati yaitu daun dari tanaman kelor. Daun kelor mengandung alkaloid, flavonoid, tanin, triterpenoid dan saponin yang memiliki aktivitas antijamur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas ekstrak daun kelor terhadap penyakit busuk buah yang disebabkan oleh jamur *Gloeosporium* sp. pada tanaman apel.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Toksikologi dan Penyakit Tumbuhan (sub Mikologi), Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang dimulai bulan Februari hingga Mei 2019. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan yang diujikan yaitu media tanpa pemberian ekstrak daun kelor (kontrol), media dengan campuran ekstrak daun kelor konsentrasi 25.000 ppm hingga 125.000 ppm, dan 1 perlakuan pemberian mankozeb 80% 2000 ppm. Daun kelor diekstraksi menggunakan metode maserasi (perendaman). Penelitian ini dilakukan secara *in vitro* dan *in vivo*. Secara *in vitro*, berbagai konsentrasi ekstrak daun kelor yang dicampur dengan media PDA diinokulasi jamur *Gloeosporium* sp. Penghambatan pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. diukur dari diameter koloni dan berat kering miselium jamur. Secara *in vivo* buah apel direndam dengan larutan ekstrak daun kelor kemudian ditusuk 1 tusukan pada permukaan dengan suspensi jamur *Gloeosporium* sp. Diameter gejala *Gloeosporium* sp. yang muncul pada permukaan apel diukur selama 9 HSI.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor dapat dijadikan fungisida nabati dalam menekan pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. Perlakuan ekstrak daun kelor dengan konsentrasi 25.000 ppm sudah mampu menghambat pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. penyebab penyakit busuk buah apel secara *in vitro* maupun *in vivo*. Pada konsentrasi ekstrak daun kelor 75.000 ppm merupakan konsentrasi yang efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. pada pengujian *in vitro* dengan nilai persentase penghambatan sebesar 50,05% sedangkan *in vivo* pada konsentrasi ekstrak daun kelor 100.000 ppm. Nilai *Lethal Concentration* (LC₅₀) ekstrak daun kelor dalam menghambat pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. sebesar 50% yaitu konsentrasi ekstrak daun kelor 78.368 ppm.

SUMMARY

Tanty Andryani. Effectiveness of Moringa Leaf Extract (*Moringa oleifera* Lam.) as Antifungal against Fruit Rot (*Gloeosporium* sp.) in Apple Plants (*Malus sylvestris* Mill.). Supervised by Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS and Fery Abdul Choliq, SP., MP., MSc.

Apples are a fruit that is widely consumed by the community because it has a sweet taste and a fairly high nutritional content. Apple rot that caused by fungus *Gloeosporium* sp. is one of the diseases that are often found in apple plants which results in crop failure. In overcoming this problem, most farmers use synthetic fungicides which can cause many losses. Another alternative, that pathogenic fungi can be controlled by bio fungicides that are safe for the environment and have no residue. One part of the plant that is known to be used as a bio fungicide is the leaves of the Moringa plant. Moringa leaves contain alkaloids, flavonoids, tannins, triterpenoids and saponins that have antifungal activity. This study aims to determine the effectiveness of Moringa leaf extract against fruit rot caused by fungus *Gloeosporium* sp. on apple plants.

The research was carried out at the Toxicology and Plant Disease Laboratory (Sub Mycology), Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang starting from February to May 2019. The study used a Completely Randomized Design (CRD) with 7 treatments and 4 replications. The treatments tested were the media without the addition of Moringa leaf extract (control), the media with the addition of Moringa leaf extract concentrations of 25.000 ppm to 125.000 ppm, and 1 treatment of addition of mancozeb 80% 2000 ppm. Moringa leaves are extracted using maceration (immersion) method. This research was conducted in vitro and in vivo. In vitro, various concentrations of Moringa leaf extract mixed with PDA media were inoculated with fungus *Gloeosporium* sp. Inhibition of growth of fungus *Gloeosporium* sp. measured from colony diameter and dry mass of fungal mycelium. In vivo, the apple was soaked with a solution of Moringa leaf extract and then pricked with 1 prick on it's surface with a suspension of fungus *Gloeosporium* sp. The symptom diameter of *Gloeosporium* sp. which appears on the surface of the apple measured for 9 days after inoculation.

The results showed that Moringa leaf extract can be used as a bio fungicide to suppress the growth of fungus *Gloeosporium* sp. The treatment of Moringa leaf extract with a concentration of 25.000 ppm has been able to inhibit the growth of fungus *Gloeosporium* sp. causes of apple rot in vitro and in vivo. At the concentration of Moringa 75.000 ppm leaf extract is the most effective concentration in inhibiting the growth of fungus *Gloeosporium* sp. in vitro with an inhibitory percentage value of 50,05% while in vivo it was located at 100.000 ppm moringa leaf extract concentration. The value of Lethal Concentration (LC₅₀) of Moringa leaf extract in inhibiting the growth of fungus *Gloeosporium* sp. to 50% is a concentration of 78.368 ppm.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Efektivitas Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) sebagai Antijamur terhadap Penyakit Busuk Buah (*Gloeosporium* sp.) pada Tanaman Apel (*Malus sylvestris* Mill.)”.

Penyusunan skripsi terlaksana dengan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. selaku dosen pembimbing utama dan Fery Abdul Choliq SP.,MP., MSc. selaku dosen pembimbing pendamping atas pengarahan, bimbingan dan sarannya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ketua Jurusan Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. Penghargaan yang tulus penulis berikan kepada kedua orang tua, kakak, dan adik atas doa, cinta, kasih sayang, pengertian dan dukungan yang diberikan kepada penulis, serta kepada teman-teman yang selalu memberikan semangat hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, dan memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Agustus 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jombang pada tanggal 18 Oktober 1996 sebagai putri kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Samiadi dan Ibu Warsi. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Karangpakis II pada tahun 2003 hingga tahun 2009, kemudian penulis melanjutkan ke SMPN 1 Kabuh pada tahun 2009 dan selesai pada tahun 2012. Pada tahun 2012 hingga tahun 2015 penulis melanjutkan studi di SMAN Kabuh. Pada tahun 2015 penulis mengikuti Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan diterima di Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah berpartisipasi sebagai Staff Akademi Profesi FORSIKA (Forum Studi Insan Kamil) periode 2015-2016 Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Selain itu penulis juga pernah berpartisipasi sebagai Bendahara Pelaksana dalam acara PAKIS (Pembinaan Karakter Islam) yang diselenggarakan oleh FORSIKA tahun 2016. Pada tahun 2018 penulis menyelesaikan magang di Balai Besar Karantina Pertanian (BBKP) di Surabaya.

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Hipotesis	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tanaman Apel (<i>Malus sylvestris</i> Mill)	4
2.1.1. Morfologi Tanaman Apel	4
2.1.2. Syarat Tumbuh Tanaman Apel	5
2.2. Jamur <i>Gloeosporium</i> sp. Penyebab Busuk Buah pada Apel	6
2.3. Pestisida Nabati	7
2.4. Tanaman Kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	8
2.4.1. Morfologi dan Ekologi Tanaman Kelor	9
2.4.2. Manfaat Daun Kelor	10
2.4.3. Kandungan senyawa aktif dalam kelor	12
2.5. Uji Toksisitas LC ₅₀ (<i>Median Lethal Concentration</i>)	13
2.6. Aktivitas Antijamur	14
III. METODE PENELITIAN	16
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.2. Alat dan Bahan	16
3.3. Metode Penelitian	16
3.4. Pelaksanaan Penelitian	17
3.4.1. Sterilisasi	17
3.4.2. Pembuatan Media Jamur (PDA)	17
3.4.3. Isolasi, Purifikasi, dan Identifikasi Jamur <i>Gloeosporium</i> sp	17
3.4.4. Uji Postulat Koch (Uji Patogenisitas)	18
3.4.5. Ekstraksi Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i> Lam.)	19
3.4.6. Pengujian Ekstrak Daun Kelor terhadap <i>Gloeosporium</i> sp. secara <i>in vitro</i>	19
3.4.7. Pengujian Ekstrak Daun Kelor terhadap <i>Gloeosporium</i> sp. secara <i>in vivo</i>	22
3.5. Analisis Data	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1. Hasil Identifikasi Penyakit Busuk Buah pada Apel	24
4.2. Pengujian Ekstrak Daun Kelor terhadap <i>Gloeosporium</i> sp. secara <i>in vitro</i>	26



4.2.1. Penghambatan Pertumbuhan Koloni <i>Gloeosporium</i> sp.	26
4.2.2. Berat Kering (biomassa) Miselium <i>Gloeosporium</i> sp.....	31
4.2.3. Pengaruh Konsentrasi Ekstrak daun Kelor (LC ₅₀) terhadap Penghambatan Pertumbuhan Jamur <i>Gloeosporium</i> sp.	32
4.3. Pengujian Ekstrak Daun Kelor secara <i>in vivo</i> terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Gloeosporium</i> sp.....	33
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
5.1. Kesimpulan.....	37
5.2. Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	46



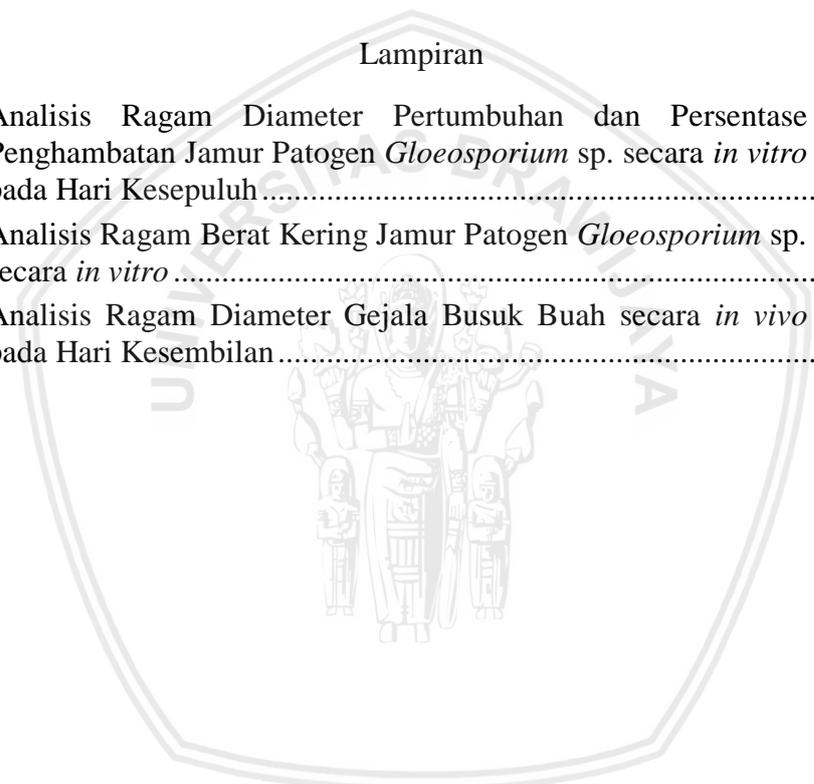
DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Bunga Tanaman Apel (<i>Malus sylvestris</i>).....	5
2.	Buah Tanaman Apel (<i>Malus sylvestris</i>).....	5
3.	Gejala Busuk Buah pada Apel.	7
4.	Bunga Tanaman Kelor.	9
5.	Daun Tanaman Kelor.....	10
6.	Buah dan Biji Tanaman Kelor.....	10
7.	Gejala dari Jamur <i>Gloeosporium</i> sp.	24
8.	Kenampakan Koloni Jamur <i>Gloeosporium</i> sp.	25
9.	Kenampakan Mikroskopis Jamur <i>Gloeosporium</i> sp. Perbesaran 40x.	25
10.	Laju Pertumbuhan Diameter Koloni Jamur <i>Gloeosporium</i> sp.....	28
11.	Koloni Jamur <i>Gloeosporium</i> sp. pada Uji Penghambatan Pertumbuhan.	29
12.	Probit Hubungan Log Konsentrasi Ekstrak Daun Kelor dengan Penghambatan Jamur <i>Gloeosporium</i> sp.	33
13.	Laju Pertumbuhan Diameter Gejala Jamur <i>Gloeosporium</i> sp. pada Buah Apel	35
14.	Diameter Gejala <i>Gloeosporium</i> sp. pada Uji Penghambatan Pertumbuhan.	36
Lampiran		
1.	Ekstrak Daun Kelor.....	47
2.	Berat Kering Miselium Jamur <i>Gloeosporium</i> sp.	47



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Perlakuan yang digunakan dalam Penelitian.....	17
2.	Rerata Diameter dan Persentase Penghambatan Jamur <i>Gloeosporium</i> sp.	27
3.	Berat Kering Miselium Jamur <i>Gloeosporium</i> sp.	31
4.	Hasil Analisis LC ₅₀ Ekstrak Daun Kelor terhadap Jamur <i>Gloeosporium</i> sp.	32
5.	Rerata Diameter Gejala Penyakit Busuk Buah Apel.....	34
Lampiran		
1.	Analisis Ragam Diameter Pertumbuhan dan Persentase Penghambatan Jamur Patogen <i>Gloeosporium</i> sp. secara <i>in vitro</i> pada Hari Kesepuluh.....	46
2.	Analisis Ragam Berat Kering Jamur Patogen <i>Gloeosporium</i> sp. secara <i>in vitro</i>	46
3.	Analisis Ragam Diameter Gejala Busuk Buah secara <i>in vivo</i> pada Hari Kesembilan.....	46



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Apel merupakan salah satu tanaman tahunan yang dimanfaatkan buahnya untuk dikonsumsi oleh masyarakat. Apel banyak dikonsumsi karena memiliki rasa yang manis dan kandungan gizi cukup tinggi. Di dalam 100 g buah apel mengandung 80 g air, 15 g karbohidrat, total gula 8,4 g, 19,8 mg kalsium, 11 mg fosfor, vitamin A, B1, dan vitamin C (Saoji, 2016; Hapsari dan Estiasih, 2015). Di Indonesia, salah satu pusat budidaya tanaman apel terletak di Jawa Timur seperti Kota Batu dan Kecamatan Poncokusumo Kabupaten Malang (Sellitasari *et al.*, 2013).

Gangguan OPT patogen penyebab penyakit merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan gagal panen dan kerugian secara ekonomi (Rukmana, 1994). Penyakit yang sering ditemukan pada tanaman apel yaitu penyakit busuk buah yang disebabkan oleh jamur *Gloeosporium* sp., jamur ini menyerang bagian buah sehingga menyebabkan buah apel menjadi busuk dan berwarna kecokelatan. Sebagian besar petani Indonesia menggunakan fungisida sintesis untuk mengendalikan penyakit busuk buah ini. Penggunaan fungisida sintesis tersebut dapat menimbulkan residu pada tanah dan tanaman. Selain itu, terjadi resistensi patogen serta pencemaran lingkungan yang merugikan (Zala dan Penn, 2004).

Pemanfaatan fungisida nabati menjadi alternatif dalam pengendalian penyakit. Fungisida nabati memiliki keunggulan diantaranya ramah lingkungan, mudah terdegradasi, sumber daya lokal melimpah, murah, serta sejalan dengan konsep pertanian berkelanjutan. Disisi lain, tanaman mampu mensintesis berbagai metabolit sekunder yang dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan penyakit pada tanaman lainnya (Dalimunthe dan Rachmawan, 2017). Salah satu tanaman yang telah diketahui dapat dijadikan sebagai fungisida nabati yaitu tanaman kelor.

Kelor (*Moringa oleifera*) adalah tanaman dari keluarga Moringaceae yang dikenal sebagai tanaman obat berkhasiat dengan memanfaatkan seluruh bagian dari tanaman kelor mulai daun, kulit kayu, buah, akar dan bunganya (Anwar *et al.*, 2007; Caceres *et al.*, 1991; Chuang *et al.*, 2007). Bagian tanaman kelor yang memiliki aktivitas sebagai antimikroba adalah daun (Patel dan Mohan, 2018). Daun kelor mengandung alkaloid, flavonoid, tanin, triterpenoid dan saponin yang

memiliki aktivitas antijamur. Kandungan alkaloid, flavonoid, tanin, dan triterpenoid pada ekstrak daun kelor dengan pelarut etanol dapat memberikan efek antijamur terhadap *Rhizopus stolonifer* dan *Microsporium gypseum* (Ganie *et al.*, 2015). Penelitian Yusuf *et al.* (2017) menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor mempunyai aktivitas antijamur terhadap *Malassezia furfur*. Ekstrak daun kelor dapat digunakan sebagai fungisida nabati dengan menghambat pertumbuhan *Gibberella xylarioides* pada konsentrasi $0,37 \text{ mg ml}^{-1}$ (Nkya *et al.*, 2014).

Pengendalian penyakit busuk buah pada apel penting dilakukan guna meningkatkan kualitas buah apel. Selain itu, penggunaan ekstrak daun kelor diharapkan mampu untuk mengatasi masalah lingkungan yang ditimbulkan oleh fungisida sintesis serta dapat digunakan sebagai fungisida nabati ramah lingkungan yang dapat mengendalikan jamur *Gloeosporium* sp. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai efektivitas ekstrak daun kelor terhadap penyakit busuk buah yang disebabkan oleh jamur *Gloeosporium* sp. pada tanaman apel.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Apakah ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) bersifat antijamur terhadap *Gloeosporium* sp.?
2. Berapakah konsentrasi ekstrak daun kelor yang dapat menghambat pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp.?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) terhadap *Gloeosporium* sp. sebagai antijamur;
2. Untuk mengetahui konsentrasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) yang dapat menghambat pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp.

1.4. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dapat bersifat antijamur terhadap *Gloeosporium* sp.
2. Ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) konsentrasi 50.000 ppm merupakan konsentrasi yang sudah menghambat pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai pengaruh ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) sebagai antijamur terhadap pertumbuhan *Gloeosporium* sp. penyebab penyakit busuk buah pada tanaman apel. Ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dapat digunakan sebagai fungisida nabati yang ramah lingkungan menggantikan fungisida sintesis.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Apel (*Malus sylvestris* Mill)

Apel (*Malus sylvestris* Mill.) merupakan tanaman tahunan yang berasal dari daerah Asia Barat Daya. Negara penghasil apel utama adalah Eropa Barat, Rusia, China, Amerika Serikat, Turki, Iran, Jepang, dan Argentina (Kusumo dan Verheij, 1997). Apel diklasifikasikan sebagai Kingdom Plantae, Phylum Spermatophyta, Subphylum Angiospermae, Class Dicotyledonae, Order Rosales, Family Rosaceae, Genus: *Malus* Species *Malus sylvestris* (L.) Mill. (CABI, 2018).

2.1.1. Morfologi Tanaman Apel

Pohon apel memiliki akar tunggang, berkayu cukup keras dan kuat, warna kulit batang apel yang masih muda yaitu coklat muda sampai coklat kekuning-kuningan, dan setelah tua akan berwarna hijau kekuning-kuningan sampai kuning keabu-abuan (Soelarso, 1996). Apel memiliki daun tunggal, berbentuk lonjong dengan ujung meruncing, berbulu kasar dan tersebar di sepanjang cabang (Sunarjono, 2006).

Tanaman apel memiliki tiga macam tunas yakni tunas campuran yang membentuk daun dan bunga yang kemudian disusul tunas vegetatif di sampingnya, tunas taji yang beruas-ruas rapat dan pendek, dan ranting yang tumbuh ke atas (Kusumo, 1986). Elliot dan Widodo (1996) menyatakan bahwa tanaman apel pada umumnya membentuk bunga pada tunas campuran yakni tunas yang mengandung mata tunas bunga sekaligus tunas daun, tunas bunga umumnya lebih bulat dan berbulu dibandingkan dengan tunas yang menghasilkan daun saja.

Bunga apel termasuk bunga sempurna. Bunga ini memiliki bagian-bagian yang lengkap yakni putik, benang sari, mahkota, dan kelopak (Untung, 1994). Bunga berbentuk tunggal atau berkelompok dengan penyerbukan silang (Sunarjono, 2006). Bunga apel bertangkai pendek, menghadap ke atas, bertandan, dan pada tiap tandan terdapat 7 sampai 9 bunga (Soelarso, 1996). Mahkota bunga berjumlah lima helai berwarna putih sampai merah jambu (Gambar 1) (Kusumo dan Verheij, 1997).



Gambar 1. Bunga tanaman apel (*Malus sylvestris*) (Woodlandtrust, 2018).

Buah apel mempunyai bentuk bulat sampai lonjong dengan pucuk buah berlekuk dangkal. Biji apel berbentuk bulat dengan ujung meruncing, bulat berujung tumpul, atau berbentuk antara keduanya. Warna buah merah tua, hijau kemerah-merahan, hijau kekuning-kuningan, hijau berbintik-bintik, dan sebagainya sesuai dengan varietas. (Untung, 1994).



Gambar 2. Buah tanaman apel (*Malus sylvestris*) (Euforgen, 2018).

2.1.2. Syarat Tumbuh Tanaman Apel

Tanaman apel di daerah tropis dapat tumbuh dan berbuah pada ketinggian antara 700-1200 mdpl. Suhu optimum yang dibutuhkan berkisar antara 16-27°C dengan kelembaban udara antara 75-85%. Selain itu juga diperlukan curah hujan yang sesuai yakni antara 1600-2600 mm per tahun dengan intensitas cahaya lebih dari 50% (Kusumo, 1986).

Kusumo dan Verheij (1997) menyatakan bahwa di daerah asalnya yakni daerah temperate, pohon apel mengeluarkan daun secara serempak dan berbunga pada musim semi yang diakhiri dengan terbentuknya kuncup sehingga dibutuhkan suhu musim dingin yang rendah untuk pemecahan dormansi kuncup. Berbeda halnya dengan kondisi di daerah tropis, pucuk tumbuh vertikal, dan daun bertahan lebih lama sehingga tanaman apel menjadi hijau terus.

Menurut Palmer *et al.* (2003) di daerah temperate, tunas apel menjadi dorman pada akhir musim panas atau awal musim gugur dan tidak akan memulai tumbuh hingga periode musim dingin yang diikuti kondisi lebih hangat pada musim semi. Menurut Salisbury dan Ross (1995) dormansi kuncup dapat diakhiri dengan memberi suhu rendah. Pematangan dormansi pada pohon buah-buahan pada suhu 5-7°C lebih efektif daripada suhu 0°C, apel misalnya memerlukan waktu 1000-1400 jam pada suhu sekitar 7°C.

Tanaman apel tumbuh baik pada tanah yang bersolum dalam, mempunyai bahan organik tinggi, struktur tanah remah, dan gembur. Tanah tersebut harus mempunyai aerasi, penyerapan air dan porositas yang baik. Jenis tanah latosol dan andosol dinilai cocok untuk pertumbuhan tanaman apel sedangkan pH yang dikehendaki adalah sekitar 6,5 (Soelarso, 1996).

2.2. Jamur *Gloeosporium* sp. Penyebab Busuk Buah pada Apel

Jamur *Gloeosporium* diklasifikasikan sebagai Kingdom Fungi, Division Amastigomycotina, Subdivision Deuteromycotina, Class Coelomycetes, Order Melanconiales, Family, Melanconiaceae, Genus *Gloeosporium* (Agrios, 1997).

Jamur *Gloeosporium* dapat berpindah melalui jaringan vascular. Batang yang terserang berubah warna menjadi cokelat, kemudian abu-abu, dan akhirnya mati. Jamur bertahan pada musim dingin di kayu mati atau buah mumi yang terinfeksi selama musim sebelumnya. Pada musim semi, spora (konidia dan askospora) dari tempat-tempat musim dingin ini menjadi sumber inokulum utama untuk infeksi baru. Konidia disebarkan oleh percikan dan tiupan angin, serangga, dan burung, sementara ascospora dilepaskan ke udara selama periode hujan. *Gloeosporium* menginfeksi buah dan batang, mulai menginfeksi tanaman baru ketika suhunya mencapai 80-90°F (Ivey dan Ellis, 2014).

Genus *Gloeosporium* telah beberapa kali ditata ulang sejak ditemukan oleh Desmaziere dan Montagne pada tahun 1849. Pada penataan ulang yang terbaru, Arx (1970) menempatkan 288 dari 735 genus *Gloeosporium* menjadi *Colletotrichum* dan 48 lainnya menjadi genus lain (Hawksworth *et al.*, 1995). *Glomerella* merupakan teleomorf dari genus *Gloeosporium* (Barnett dan Hunter, 1972).

Gloeosporium sp., yang mana menyebabkan penyakit busuk buah pada sayuran dan buah-buahan, hidup secara saprofit pada sisa tanaman, menyerang jaringan dan pangkal batang tanaman juga. Bagian tanaman yang terinfeksi pertama kali tampak memutih kemudian menjadi cokelat. Pada tahap awal infeksi, muncul gejala bintik-bintik kecil, melingkar, cekung, yang menyerupai lekukan. Saat buah melunak, bintik-bintik membesar, dan bagian tengahnya menjadi gelap dan sedikit kasar (Agrios, 1978).



Gambar 3. Gejala busuk buah pada apel (Babadoost, 2015).

Pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) jamur *Gloeosporium* sp. berwarna abu abu pada bagian tengahnya, namun pada bagian tepi berwarna putih. Terbentuk lingkaran yang konsentris yang beraturan. Pengamatan jamur *Gloeosporium* sp. secara mikroskopis mempunyai aservulus dengan garis tengah 90-120 μ m, bewarna jingga gelap dan berdinding tebal. Apresorium berbentuk bulat dengan dinding tebal dan berwarna gelap. Badan buah berbentuk aservulus (Ploetz *et al.*, 2003). Konidia hialin (tidak berwarna), satu sel, jorong atau silindris dengan kedua sisi ujung tumpul.

2.3. Pestisida Nabati

Pestisida nabati adalah bahan pengendali hama dan penyakit tanaman yang bahan aktifnya berasal dari tumbuh-tumbuhan. Secara umum, pestisida nabati merupakan suatu pestisida dengan bahan dasar yang berasal dari tumbuhan. Pestisida nabati bersifat mudah terdegradasi di alam (*Bio-degradable*), sehingga residunya pada tanaman dan lingkungan tidak signifikan serta relatif aman bagi manusia dan ternak (Soenandar dan Tjachjono, 2012). Saat ini diperkirakan 500 ribu jenis tanaman yang berpotensi sebagai pestisida nabati, dan hingga tahun 2008 sekitar 18 ribu tanaman yang sudah dikarakterisasi. Tumbuhan yang dapat

digunakan sebagai pestisida nabati antara lain tembakau, mimba, mindi, mahoni, sirsak, tuba, kelor, srikaya, dan berbagai jenis gulma seperti babadotan (Sudarmo dan Mulyaningsih, 2014).

Pestisida nabati memiliki cara kerja yang sangat spesifik, yaitu merusak perkembangan telur, larva, dan pupa, menghambat pergantian kulit, mengganggu komunikasi serangga, penolak makan, menghambat reproduksi serangga betina, mengurangi nafsu makan, memblokir kemampuan makan serangga, mengusir serangga, hingga menghambat perkembangan patogen penyakit (Sudarmo dan Mulyaningsih, 2014).

Penggunaan ekstrak tanaman sebagai pestisida alternatif mulai banyak diminati. Hal ini dikarenakan ekstrak tanaman memiliki banyak keunggulan dan manfaat dibandingkan dengan pestisida lainnya. Keunggulan dan manfaat tersebut diantaranya, relatif murah dan aman terhadap lingkungan, cepat terdegradasi, sulit menimbulkan resistensi, kompatibel dengan pengendalian lainnya, mudah dibuat dan diaplikasikan, relative aman terhadap musuh alami. Namun pestisida nabati juga memiliki kelemahan diantaranya, daya kerjanya relatif lambat, tidak langsung membunuh hama atau penyakit, tidak tahan dengan sinar matahari, dan kadang diperlukan penyemprotan yang berulang-ulang. Akan tetapi kendala-kendala tersebut dapat diperbaiki dengan mengutamakan teknik aplikasi yang benar. Waktu aplikasi pestisida nabati sebaiknya dilakukan pada pagi atau sore hari untuk menghindari paparan sinar matahari, tepat takaran, dan tepat sasaran (Sudarmo dan Mulyaningsih, 2014).

2.4. Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*)

Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) merupakan tanaman yang berasal dari dataran sepanjang sub Himalaya yaitu India, Pakistan, Bangladesh, dan Afghanistan. Penanaman kelor di Indonesia tersebar di seluruh daerah, mulai dari Aceh hingga Meurauke. Oleh karena itu, tanaman kelor dikenal berbagai daerah, seperti murong (Aceh), munggai (Sumatera Barat), kilor (Lampung), kelor (Jawa Barat dan Jawa Tengah), marongghi (Madura), kiloro (Bugis), parongge (Bima), kawona (Sumba), dan kelo (Ternate) (Mardiana, 2013). Menurut CABI (2018) kelor diklasifikaikan sebagai Kingdom Plantae, Phylum Spermatophyta,

Subphylum Angiospermae, Class Dicotyledonae, Order Capparidales, Family Moringaceae, Genus *Moringa*, Species: *Moringa oleifera*.

2.4.1. Morfologi dan Ekologi Tanaman Kelor

Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*), salah satu jenis tanaman pohon yang mudah tumbuh di daerah tropis seperti Indonesia. Kelor merupakan tanaman perdu dengan ketinggian 7-11 meter dan tumbuh subur mulai dari dataran rendah sampai ketinggian 700 m di atas permukaan laut. Kelor dapat tumbuh pada daerah tropis dan subtropis pada semua jenis tanah serta tahan terhadap musim kering dengan toleransi terhadap kekeringan sampai 6 bulan (Mendieta-Araica *et al.*, 2013).

Kelor merupakan tanaman yang berumur panjang dan berbunga sepanjang tahun. Bunga kelor ada yang berwarna putih, putih kekuning-kuningan atau merah, tergantung jenis atau spesiesnya. Tudung pelepah bunganya berwarna hijau dan mengeluarkan aroma bau semerbak (Gambar 4) (Palupi *et al.*, 2007).



Gambar 4. Bunga tanaman kelor (Aminah *et al.*, 2015).

Daun kelor berbentuk bulat telur dengan tepi daun rata dan ukurannya kecil-kecil bersusun majemuk dalam satu tangkai (Tilong, 2012). Daun kelor muda berwarna hijau muda dan berubah menjadi hijau tua pada daun yang sudah tua. Daun muda teksturnya lembut dan lemas sedangkan daun tua agak kaku dan keras. Daun berwarna hijau tua biasanya digunakan untuk membuat tepung atau powder daun kelor. Apabila jarang dikonsumsi maka daun kelor memiliki rasa agak pahit tetapi tidak beracun (Hariana, 2008). Rasa pahit akan hilang jika kelor sering dipanen secara berkala untuk dikonsumsi. Untuk kebutuhan konsumsi umumnya digunakan daun yang masih muda demikian pula buahnya (Gambar 5) (Aminah *et al.*, 2015).



Gambar 5. Daun tanaman kelor (Aminah *et al.*, 2015)

Buah kelor berbentuk panjang dan segitiga dengan panjang sekitar 20-60 cm, berwarna hijau ketika masih muda dan berubah menjadi cokelat ketika tua (Tilong, 2012). Biji kelor berbentuk bulat, ketika muda berwarna hijau terang dan berubah berwarna cokelat kehitaman ketika polong matang dan kering dengan rata-rata berat biji berkisar 18-36 g per 100 biji. Buah kelor akan menghasilkan biji yang dapat dibuat tepung atau minyak sebagai bahan baku pembuatan obat dan kosmetik bernilai tinggi. Selain itu biji kelor dapat berfungsi sebagai koagulan dan penjernihan air permukaan (air kolam, air sungai, air danau) (Gambar 6) (Khasanah dan Uswatun, 2008).



Gambar 6. Buah dan biji tanaman kelor (Aminah *et al.*, 2015)

2.4.2. Manfaat Daun Kelor

Daun kelor merupakan salah satu bagian dari tanaman kelor yang telah banyak diteliti kandungan gizi dan kegunaannya. Daun kelor sangat kaya akan nutrisi, diantaranya kalsium, besi, protein, vitamin A, vitamin B dan vitamin C (Misra dan Misra, 2014; Oluduro, 2012; Ramachandran *et al.*, 1980). Daun kelor mengandung zat besi lebih tinggi daripada sayuran lainnya yaitu sebesar 17,2 mg per 100 g (Yameogo *et al.*, 2011). Selain itu, daun kelor juga mengandung berbagai macam asam amino, antara lain asam amino yang berbentuk asam

aspartat, asam glutamat, alanin, valin, leusin, isoleusin, histidin, lisin, arginin, venilalanin, triptofan, sistein dan methionin (Simbolan *et al.*, 2007).

Berdasarkan penelitian Verma *et al.*, (2009) bahwa daun kelor mengandung fenol dalam jumlah yang banyak yang dikenal sebagai penangkal senyawa radikal bebas. Kandungan fenol dalam daun kelor segar sebesar 3,4% sedangkan pada daun kelor yang telah diekstrak sebesar 1,6% (Foild *et al.*, 2007). Selain itu, telah diidentifikasi bahwa daun kelor mengandung antioksidan tinggi dan antimikrobia (Das *et al.*, 2012). Hal ini disebabkan oleh adanya kandungan asam askorbat, flavonoid, phenolic, dan karotenoid (Anwar dan Rashid, 2007; Makkar dan Becker, 1997; Moyo, 2012; Dahot, 1998).

Selain untuk kebutuhan konsumsi, pengobatan alternatif, daun kelor juga dapat berfungsi sebagai bahan pengawet alami. Hasil penelitian Shah *et al.*, (2015) menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor atau yang dikenal dengan istilah *Moringa Leaf Extract* (MLE) dapat mempertahankan warna daging segar dalam kemasan MAP selama 12 hari penyimpanan pada suhu dingin. Hal ini dikarenakan daun kelor sebagai sumber senyawa phenolik yang baik yang mampu mencegah terjadinya oksidasi lemak pada daging segar selama penyimpanan. Komponen bioaktif yang cukup tinggi, seperti asam askorbat, carotenoid dan senyawa phenolik sangat berperan dalam memperpanjang masa simpan produk (Muthukumar *et al.*, 2012).

Pada bidang pertanian, ekstrak daun kelor dapat digunakan sebagai Zat Pengatur Tumbuh (ZPT). Tanaman kelor mengandung hormon tumbuh yaitu sitokinin dan zeatin. Sitokinin merupakan hormon tanaman yang menginduksi pembelahan sel, pertumbuhan, dan mendorong pertumbuhan sel baru serta menunda penuaan sel. Zeatin merupakan anti oksidan kuat dengan sifat anti penuaan (Pusat Informasi dan Pengembangan Tanaman Kelor Indonesia, 2010). Ekstrak daun kelor meningkatkan hasil panen sebesar 20-35%, seperti diameter batang, jumlah akar, jumlah tunas, jumlah kuncup bunga, dan jumlah buah (Makkar dan Becker, 1997). Daun kelor dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair (Krisnadi, 2015).

2.4.3. Kandungan senyawa aktif dalam kelor

Akar, daun, dan kulit batang kelor mengandung saponin dan polifenol. Di samping itu, kelor juga mengandung alkaloida, tannin, steroid, flavonoid, gula tereduksi, dan minyak atsiri. Semetara itu, biji kelor mengandung minyak dan lemak (Utami dan Puspaningtyas, 2013). Daun kelor mengandung 4-(α -L-rhamnopyranosyloxy) benzyl isothiocyanate serta kandungan flavonoid, saponins, alkaloid, tannin, dan phenols (Pandey, *et al.*, 2012). Senyawa - senyawa ini mudah larut dalam pelarut etanol (Rukmana, 2010).

a. Tanin

Tanin merupakan zat aktif daun kelor yang mempunyai aktivitas antimikroba, anti kanker, anti oksidan, anti radikal, dan berpotensi sebagai anti mutagenic (Karamac *et al.*, 2007). Kadar tanin dalam daun kelor adalah $9,19 \pm 0,02$ g dari 100 g bubuk kelor dengan menggunakan 500 ml absolute etanol (Nweze dan Nwafor, 2014). Mekanisme antijamur yang dimiliki tannin adalah kemampuannya menghambat sintesis chitin yang digunakan untuk pembentukan dinding sel pada jamur (Huang *et al.*, 2008). Terjadinya kerusakan pada dinding sel jamur menyebabkan kerusakan membran sel yaitu hilangnya sifat permeabilitas membran sel sehingga keluar masuknya zat-zat antara lain air, nutrisi, enzim-enzim tidak terseleksi. Apabila enzim keluar dari dalam sel, maka akan terjadi hambatan metabolisme sel dan selanjutnya akan mengakibatkan terhambatnya pembentukan ATP yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan sel. Bila hal ini terjadi maka akan terjadi kematian jamur (Hayati *et al.*, 2010).

b. Flavonoid

Flavonoid merupakan zat aktif yang dapat ditemui dalam tumbuhan, yang dapat berperan sebagai anti radang, antimicrobial, antifungal, anti virus, anti alergi, anti oksidan, anti tumor, dan dapat menghambat kerja enzim bakteri (Chusine dan Lamb, 2006). Kadar flavonoid dalam daun kelor adalah $3,83 \pm 0,02$ g (Nweze dan Nwafor, 2014). Flavonoid, contohnya sinersetin yang telah dilarutkan pada etanol mampu membentuk kompleks dengan protein dan merusak membrane sel dengan cara denaturasi ikatan protein pada membrane sel, sehingga membrane sel menjadi lisis dan senyawa tersebut menembus ke dalam inti sel yang

menyebabkan jamur tidak berkembang (Roslizawaty *et al.*, 2013; Sulistyawati dan Mulyati, 2009). Flavonoid dapat mengganggu proses difusi makanan ke dalam sel sehingga pertumbuhan jamur terhenti atau sampai jamur tersebut mati (Gandahusada *et al.*, 2002; Kusuma dan Zaky, 2006).

c. Saponin

Saponin memiliki toksisitas yang tinggi terhadap jamur. Kadar saponin dalam daun kelor adalah $1,72 \pm 0,05$ g (Nweze dan Nwafor, 2014). Mekanisme utama aktifitas antifungal adalah interaksinya dengan membran sterol. Saponin yang berkaitan dengan sterol pada membrane akan membentuk agegasi. Agegasi ini menimbulkan pembentukan lubang pada membran atau mengekstrak sterol dengan membentuk kompleks tubular atau bulat di luar membrane (Lawal, 2013).

d. Alkaloid

Kadar alkaloid dalam daun kelor adalah $2,26 \pm 0,04$ g (Nweze dan Nwafor, 2014). Mekanisme aktivitas antijamur alkaloid yaitu dengan menyisip di antara dinding sel dan atau DNA kemudian mencegah replikasi DNA jamur sehingga pertumbuhan jamur akan terganggu. Sampai saat ini semakin banyak alkaloid yang ditemukan dan diisolasi untuk obat modern. Alkaloid bersifat basa di alam, dan berbagai garam dengan asam-asam organik. Adanya sifat basa ini mempermudah memisahkan ekstrak total alkaloid dan komponen lainnya (Marchelinda, 2011).

2.5. Uji Toksisitas LC_{50} (*Median Lethal Concentration*)

Median lethal concentration (LC_{50}), konsentrasi bahan dalam air yang dipaparkan pada organisme uji yang diperkirakan mematikan 50% dari populasi organisme uji. LC_{50} sering dinyatakan sebagai nilai yang tergantung waktu (mis., 24 jam atau 96 jam LC_{50} ; konsentrasi diperkirakan mematikan hingga 50% dari organisme uji setelah 24 atau 96 jam paparan). LC_{50} dapat diperoleh dengan pengamatan (50% dari organisme uji dapat diamati mati dalam satu konsentrasi bahan uji), atau dengan perhitungan (LC_{50} secara statistik diperoleh dengan analisis data kematian dari semua konsentrasi uji) (Rand, 2003).

Median lethal concentration (LC_{50}) tidak hanya untuk menunjukkan keamanan lingkungan dari konsentrasi racun tertentu. Sebaliknya, ini adalah ukuran toksisitas yang paling baik digunakan dalam konteks relatif, misalnya,

konsentrasi X bahan kimia A memiliki efek toksik yang lebih tinggi daripada konsentrasi X bahan kimia B setelah 96 jam paparan, atau efek toksik kurang dalam bahan kimia A daripada dalam bahan kimia B (Newman, 1995). Berdasarkan penelitian dari Maung *et al.* (2016) hasil analisis Probit menunjukkan LC_{50} dari ekstrak daun kelor dengan pelarut etanol yaitu pada 84 mg/100 ml dan LC_{90} pada 15.318 mg/100 ml terhadap mortalitas larva *Anopheles aconitus* L. Pada penelitian Laras (2018) diperoleh nilai LC_{50} 72 jam dari ekstrak daun kelor dengan pelarut etanol sebesar 251.189 ppm (25,12%). Sehingga besaran konsentrasi yang dapat mematikan 50% larva *Crocidolomia pavonana* F. dalam waktu 72 jam yaitu sebesar 25,12%. Penelitian Hidayah (2017) menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor dapat digunakan sebagai akarisisida pada tungau umbi *Rhizoglyphus robini* dengan nilai LC_{50} fumigan ekstrak daun kelor adalah 2.675 ppm, sedangkan pada penelitian Pratiwi (2018) ekstrak daun kelor pelarut etanol dapat menghambat pertumbuhan dari jamur *Alternaria solani* dengan nilai LC_{50} sebesar 105.555ppm (10,55%).

2.6. Aktivitas Antijamur

Antijamur merupakan zat berkhasiat yang digunakan untuk penanganan penyakit jamur. Umumnya suatu senyawa dikatakan sebagai zat antijamur apabila senyawa tersebut mampu menghambat pertumbuhan jamur. Menurut Pelczar dan Chan (1988), zat antijamur bekerja menurut salah satu dari berbagai cara, antara lain menyebabkan kerusakan dinding sel, perubahan permeabilitas sel, perubahan molekul protein dan asam nukleat, penghambatan kerja enzim, atau penghambatan sintesis asam nukleat dan protein. Kerusakan pada salah satu situs ini dapat mengawali terjadinya perubahan-perubahan yang menuju pada matinya sel tersebut.

a. Kerusakan pada dinding sel

Dinding sel merupakan penutup lindung bagi sel juga berpartisipasi di dalam proses-proses fisiologi tertentu. Strukturnya dapat dirusak dengan cara menghambat pembentukannya atau mengubah setelah selesai terbentuk.

b. Perubahan permeabilitas sel

Membran sitoplasma mempertahankan bahan-bahan tertentu di dalam sel serta secara selektif mengatur aliran keluar-masuknya zat antara sel dengan

lingkungan luarnya. Membran memelihara integritas komponen-komponen seluler. Membran ini juga merupakan situs beberapa reaksi enzim. Kerusakan pada membran ini akan mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan sel atau matinya sel.

c. Perubahan molekul protein dan asam nukleat

Hidupnya suatu sel bergantung pada terpeliharanya molekul-molekul protein dan asam nukleat pada membran alamiahnya. Suatu kondisi atau substansi yang mengubah keadaan ini, yaitu mendenaturasikan protein dan asam-asam nukleat dapat merusak sel tanpa dapat diperbaiki kembali. Suhu tinggi dan konsentrasi pekat beberapa zat kimia dapat mengakibatkan koagulasi (denaturasi) ireversibel (tak dapat balik) komponen-komponen seluler yang vital ini.

d. Penghambatan kerja enzim

Setiap enzim dari beratus-ratus enzim berbeda-beda yang ada di dalam sel merupakan sasaran potensial bagi bekerjanya suatu penghambat. Banyaknya zat kimia telah diketahui dapat mengganggu reaksi biokimiawi. Penghambatan ini dapat mengakibatkan terganggunya metabolisme atau matinya sel.

e. Penghambatan sintesis asam nukleat dan protein

DNA, RNA, dan protein memegang peranan sangat penting di dalam proses kehidupan normal sel. Hal ini berarti bahwa gangguan apapun yang terjadi pada pembentukan atau pada fungsi zat-zat tersebut dapat mengakibatkan kerusakan total pada sel.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Toksikologi dan Penyakit Tumbuhan (sublab Mikologi) Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Februari sampai Mei tahun 2019.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah botol media, kompor listrik, spatula, labu erlenmeyer, pisau, timbangan analitik, gelas beaker, autoklaf, jarum ose, gunting, pinset, cawan petri, pipet tetes, gelas ukur, bunsen, blender, *rotary vacuum evaporator*, jarum suntik, *cover glass*, *object glass*, mikroskop, sprayer, tisu, *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC), *orbital shaker*, oven, *cork borer*, saringan, kertas saring, kertas label, plastik wrap, aluminium foil, alat tulis, kamera, *refrigerator*, penggaris.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah apel yang terinfeksi jamur *Gloeosporium* sp. yang didapatkan dari petani apel di Batu, buah apel sehat, media PDA (kentang, dekstrosa, agar), *chloramphenicol*, spirtus, alkohol/etanol 70%, NaOCl 2%, alkohol 96%, aquades, daun kelor yang diambil dari Kecamatan Kabuh Kabupaten Jombang, HCl 4%, mankozeb 80%.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan dan 4 ulangan. Terdapat 5 perlakuan penambahan ekstrak daun kelor dengan konsentrasi ekstrak daun kelor 25.000 ppm, 50.000 ppm, 75.000 ppm, 100.000 ppm, 125.000 ppm, 1 perlakuan penambahan fungisida berbahan aktif mankozeb 80% dengan konsentrasi 2.000 ppm, dan 1 perlakuan kontrol tidak menggunakan ekstrak daun. Perlakuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Perlakuan yang digunakan dalam penelitian

Perlakuan	Ekstrak	Keterangan
K0	Kontrol	Tanpa penambahan ekstrak
K1	Daun kelor	25.000 ppm
K2	Daun kelor	50.000 ppm
K3	Daun kelor	75.000 ppm
K4	Daun kelor	100.000 ppm
K5	Daun kelor	125.000 ppm
K6	Mankozeb	2.000 ppm

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Sterilisasi

Alat tahan panas, bahan dan medium yang akan digunakan untuk penelitian disterilisasi dengan menggunakan *autoclave* selama 120 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm. Sebelumnya alat seperti cawan petri, botol media, labu erlenmeyer dicuci bersih, dikeringkan. Cawan petri dibungkus dengan menggunakan kertas, sedangkan botol media dan labu erlenmeyer ditutup dengan aluminium foil. Alat yang tidak tahan panas disterilkan dengan alkohol 70% (Cappucino dan Sherman, 2005).

3.4.2. Pembuatan Media Jamur (PDA)

Pembuatan media tumbuh (PDA) dilakukan dengan cara menyiapkan umbi kentang yang dikupas dan ditimbang sebanyak 200 g, kemudian dicuci dalam air mengalir. Kentang dipotong-potong menjadi kubus berukuran 12 mm. Selanjutnya dimasukkan ke dalam panci pemanas dan ditambah aquades steril sebanyak 1000 ml (1 L). Kentang dimasak hingga lunak, kemudian air hasil rebusan kentang disaring, diukur, dan ditambah aquades steril mencapai 1000 ml. Air rebusan kentang selanjutnya ditambahkan dextrose sebanyak 20 g dan agar 20 g. Kemudian dimasak kembali sampai mendidih sambil diaduk hingga agar dan dextrosenya larut. Sterilkan media dalam autoclave selama 120 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm. Kemudian ditambahkan *chloramphenicol* sebanyak 250 mg (Sastrahidayat, 2014).

3.4.3. Isolasi, Purifikasi, dan Identifikasi Jamur *Gloeosporium* sp

Isolasi dan purifikasi dilakukan secara aseptis di dalam LAFC. Buah apel yang memiliki gejala terserang jamur *Gloeosporium* sp. digunakan sebagai bahan

isolasi kemudian dipotong 1 cm dengan keadaan potongan setengah bagian sehat dan setengah bagian sakit. Buah yang telah dipotong disterilkan menggunakan NaOCl 2% selama satu menit, alkohol 70% selama satu menit, setelah itu dibilas dengan aquades steril selama satu menit dan diulang dua kali. Irisan buah dikeringkan di atas tisu steril dan setelah kering, irisan buah ditanam pada media PDA di dalam cawan petri. Kemudian diinkubasi pada suhu 25-30 °C. Pengamatan dilakukan setiap hari hingga jamur muncul miselium pada daerah antara jaringan sehat dan sakit. Miselium jamur yang tumbuh tersebut segera diambil secara aseptik menggunakan jarum ose dan dipindahkan ke media biakan baru agar mendapatkan biakan murni berkoloni homogen. Isolat diinkubasi selama 5-7 hari pada suhu 25-30 °C atau sampai isolat jamur tumbuh memenuhi cawan petri (Muhibuddin *et al.*, 2011).

Identifikasi jamur secara makroskopis dilakukan secara visual dengan menggunakan mata secara langsung sedangkan identifikasi mikroskopis dilakukan dengan membuat preparat basah yaitu mengambil miselia dengan jarum ose steril dan meletakkannya pada gelas objek yang telah dibersihkan dengan aquades dan alkohol 70%, lalu ditetesi dengan aquades sebanyak 2 tetes. Preparat ditutup dengan kaca penutup dan diinkubasi dalam wadah yang berisi tisu steril yang dibasahi selama $\pm 2-3$ hari kemudian diamati menggunakan mikroskop (Firmansyah *et al.*, 2017).

Isolat jamur yang dimurnikan, diamati secara makroskopis dan mikroskopis. Di dalam melakukan pengamatan morfologi koloni, dapat dilihat dari warna dan bentuk koloni jamur, serta ada tidaknya lingkaran-lingkaran konsentris (Gandjar *et al.*, 1999). Pengamatan mikroskopis dengan cara melihat hifa (berseptum atau tidak), warna hifa, bentuk hifa, bentuk konidia, dan ukuran konidia. Hasil pengamatan digunakan untuk identifikasi berdasarkan panduan buku identifikasi *Illustrated Genere of Imperfect Fungi fourthed* (Barnett dan Hunter, 1972) dan literatur pendukung lainnya.

3.4.4. Uji Postulat Koch (Uji Patogenisitas)

Teknik Postulat Koch meliputi empat tahapan, yaitu asosiasi, isolasi, inokulasi dan reisolasi. Asosiasi yaitu menemukan gejala penyakit dengan tanda penyakit (patogen) pada tanaman atau bagian tanaman yang sakit. Isolasi yaitu

membuat biakan murni patogen pada media buatan (pemurnian biakan). Inokulasi adalah menginfeksi tanaman sehat dengan patogen hasil isolasi dengan tujuan mendapatkan gejala yang sama dengan tahap asosiasi. Reisolasi yaitu mengisolasi kembali patogen hasil inokulasi untuk mendapatkan biakan patogen yang sama dengan tahap isolasi (Gilang, 2012).

Isolat yang telah dimurnikan, kemudian diuji kemampuannya dengan cara diinokulasikan ke buah apel sehat. Jamur yang tumbuh pada buah apel tersebut diisolasi dan dipurifikasi kembali seperti tahap awal. Selanjutnya, dilakukan pengamatan terhadap karakteristik isolat tersebut dan hasilnya dibandingkan dengan isolat awal yang telah diperoleh.

3.4.5. Ekstraksi Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.)

Daun kelor yang diperoleh dari Kecamatan Kabuh Kabupaten Jombang dicuci hingga bersih dan dikering anginkan. Daun yang digunakan dalam penelitian ini yaitu daun bagian tengah (usia pertengahan). Daun kelor kering tersebut kemudian dihaluskan menggunakan blender. Sebanyak 50 g daun kelor kering halus direndam (meserasi) menggunakan etanol 70% dengan volume 200 ml dan dishaker selama 72 jam lalu diambil filtratnya menggunakan kertas saringan. Setelah mendapatkan filtrat, dilakukan penguapan menggunakan *rotary vacuum evaporator* dengan suhu 78°C selama lebih kurang 2 jam. Pada akhir proses ini didapatkan ekstrak murni (Gambar lampiran 1b).

Nobosse *et al.* (2018) menyatakan bahwa daun bagian pertengahan (45 hari setelah pemangkasan) memiliki kandungan flavonoid, total fenol, antioxidant, dan klorofil tertinggi daripada bagian daun muda ataupun tua. Menurut Vongsak *et al.* (2012) metode memperoleh kandungan fitokimia tertinggi pada kelor dengan menggunakan maserasi dimana konsentrasi pelarut etanol 70 % selama 72 jam. Selain itu didapatkan pula konsentrasi senyawa fenol dan aktivitas antioksidan yang tinggi dibandingkan dengan metode lainnya.

3.4.6. Pengujian Ekstrak Daun Kelor terhadap *Gloeosporium* sp. secara *in vitro*

Aplikasi pestisida nabati pada cawan petri dengan 7 perlakuan ini dilakukan dengan metode peracunan (*poisoned food technique*). Larutan ekstrak daun kelor dicampurkan ke dalam medium agar yang masih cair (tetapi tidak

terlalu panas) kemudian agar dibiarkan memadat, dan selanjutnya diinokulasi dengan jamur *Gloeosporium* sp. Tiap cawan petri diberi kertas label K0, K1, K2, K3, K4, K5, K6 sesuai perlakuan.

Masing-masing konsentrasi tersebut dicampurkan dengan PDA hingga volume 15 ml pada cawan petri. Setelah itu, dilakukan inokulasi jamur *Gloeosporium* sp. secara aseptis dengan metode tanam langsung. Sebelumnya, koloni jamur yang akan ditanam pada media perlakuan ditandai menggunakan *cork borer* yang memiliki diameter 0,5 cm. Selanjutnya, jarum ose dibakar hingga kawatnya berpijar dan dinginkan selama \pm 8-10 detik sebelum digunakan. Sebanyak satu koloni jamur yang telah ditandai menggunakan *cork borer* tersebut diambil dari tempat pembiakan jamur sampel dengan cara, koloni jamur *Gloeosporium* sp. ditempatkan di permukaan cawan petri pada masing-masing perlakuan. Media yang telah diinokulasi jamur *Gloeosporium* sp. kemudian diinkubasi pada suhu 27°C atau suhu ruang hingga koloni jamur memenuhi diameter media pada kontrol (Dhinga dan Sinclair, 1985).

a. Penghambatan Pertumbuhan Koloni *Gloeosporium* sp.

Daya hambat ekstrak daun kelor terhadap pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. dihitung berdasarkan hasil pengukuran diameter koloni jamur di cawan petri. Pengamatan dan pengukuran diameter dilakukan setiap hari selama 7 hari atau sampai kontrol memenuhi cawan petri. Pengukuran diameter menggunakan penggaris. Menurut Sitanggang *et al.* (2015) cara pengukuran pada cawan petri berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{d1 + d2}{2}$$

Keterangan :

D = Diameter koloni jamur *Gloeosporium* sp. (cm)

d1 = Diameter vertikal koloni jamur *Gloeosporium* sp. (cm)

d2 = Diameter horizontal koloni jamur *Gloeosporium* sp. (cm)

Persentase penghambatan ekstrak daun kelor dihitung menurut rumus Harlapur *et al.*(2007) adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{Dc - Dt}{Dc} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase Penghambatan (%)

Dc = Diameter *Gloeosporium* sp. kontrol (cm)

Dt = Diameter *Gloeosporium* sp. setiap perlakuan (cm)

b. Berat Kering (biomassa) Miselium *Gloeosporium* sp.

Pengujian ini dilakukan setelah pertumbuhan jamur pada media kontrol telah memenuhi cawan petri. Media PDA yang telah digunakan pada uji zona hambat dicairkan dengan ditambahkan dengan 20 ml HCl 4% pada setiap petri perlakuan lalu dipanaskan pada *water bath* hingga mencair, kemudian dituang pada kertas saring yang dibentuk kerucut, dan disemprot dengan air steril untuk menghilangkan agar dan HCl yang masih melekat (Gambar lampiran 2a). Miselium jamur pada kertas saring kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 2 hari. Selanjutnya ditimbang berat kertas saring dan miselium dengan timbangan lalu ditimbang dan hasilnya dicatat. Sebelumnya kertas saring ditimbang terlebih dahulu sebelum digunakan untuk mengetahui bobot aslinya (Gambar lampiran 2b) (Riyadi *et al.*, 2008).

Rumus perhitungan berat kering miselium (Nugaheni *et al.*, 2014)

$$M = (m1 - m0)$$

Keterangan :

M = Massa miselium jamur *Gloeosporium* sp. (g)

m0 = Berat kertas saring (g)

m1 = Berat kertas saring dan miselia jamur *Gloeosporium* sp. (g)

c. Penentuan LC₅₀

LC (*Lethal Concentration*) yaitu konsentrasi senyawa uji yang mampu menyebabkan pertumbuhan jamur terhambat 50%. Perhitungan nilai LC₅₀ dilakukan pada akhir pengamatan *in vitro* berdasarkan hasil pengukuran diameter koloni jamur.

3.4.7. Pengujian Ekstrak Daun Kelor terhadap *Gloeosporium* sp. secara *in vivo*

Buah apel sehat, dicuci bersih dan dikeringanginkan, selanjutnya di rendam dengan NaOCl 2% selama ± 3 menit dan dibilas dua kali dengan air steril. Setelah itu apel ditiriskan terlebih dahulu sebelum direndam kedalam larutan ekstrak daun kelor. Selanjutnya buah apel direndam dalam ekstrak daun kelor 5 perlakuan konsentrasi larutan ekstrak daun kelor 25.000 ppm, 50.000 ppm, 75.000 ppm, 100.000 ppm, 125.000 ppm, satu perlakuan 2000 ppm Mankozeb 80% dan kontrol tidak menggunakan ekstrak daun kelor selama 30 menit. Lalu buah apel dikeringanginkan selama 24 jam pada kotak yang ditutup dengan plastik wrap. Buah apel diinokulasi jamur dengan metode penusukan pada permukaan buah apel. Buah apel ditusuk sebanyak 1 tusukan pada permukaan dengan suspensi inokulum kerapatan 10^6 spora ml^{-1} sebanyak 0,1 ml. Pengamatan dilakukan setiap hari terhadap gejala penyakit yang muncul (Hafsoh, 2007).

Pengamatan untuk pengujian secara *in vivo* dilakukan setiap hari setelah inokulasi (HSI) dengan melihat pertumbuhan gejala penyakit. Selanjutnya parameter yang diamati adalah diameter pertumbuhan gejala penyakit berdasarkan diameter gejala yang timbul pada permukaan buah apel. Buah apel yang menunjukkan gejala penyakit, diameternya diukur dengan menggunakan dengan penggaris. Pengamatan dilakukan selama 9 hari. Diameter pertumbuhan gejala penyakit dihitung dengan menggunakan rumus (Suryanto *et al.*, 2011).

$$D = \frac{d1 + d2}{2}$$

Keterangan :

- D = Diameter koloni jamur *Gloeosporium* sp. (cm)
- d1 = Diameter vertikal koloni jamur *Gloeosporium* sp. (cm)
- d2 = Diameter horizontal koloni jamur *Gloeosporium* sp. (cm)

3.5. Analisis Data

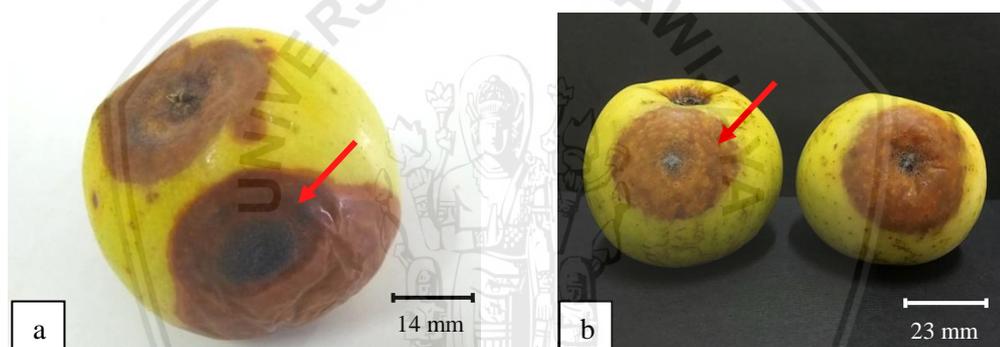
Data yang diperoleh dari hasil pengamatan diameter, persentase penghambatan, berat kering miselium dan diameter gejala penyakit dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam dan jika berbeda nyata dilanjutkan dengan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf kepercayaan 95%. Analisis dilakukan dengan Ms. Excel 2007. Sedangkan untuk perhitungan nilai LC_{50} menggunakan program analisis Probit Hsinchi (1997).



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Identifikasi Penyakit Busuk Buah pada Apel

Jamur *Gloeosporium* sp. diperoleh dari hasil isolasi buah apel yang bergejala di lapang. Buah apel yang bergejala tersebut didapatkan dari petani apel Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji, Batu. Gejala dari penyakit busuk buah dapat dilihat secara visual pada buah apel yang terinfeksi yaitu adanya bagian buah yang busuk berwarna kecokelatan, melingkar, dan membentuk cekungan dibagian tengah (Gambar 7a). Schubert (1983), menjelaskan bahwa gejala awal busuk buah apel berupa bintik kecil kecokelatan kemudian membesar pada saat buah masak. Bintik terus berkembang, membentuk cekungan, dan warnanya seiring menjadi coklat tua hingga hampir hitam. Ketika bintik-bintik berdiameter sekitar 1,9 cm, tubuh aseksual (acervuli) terbentuk di dekat pusat bintik.

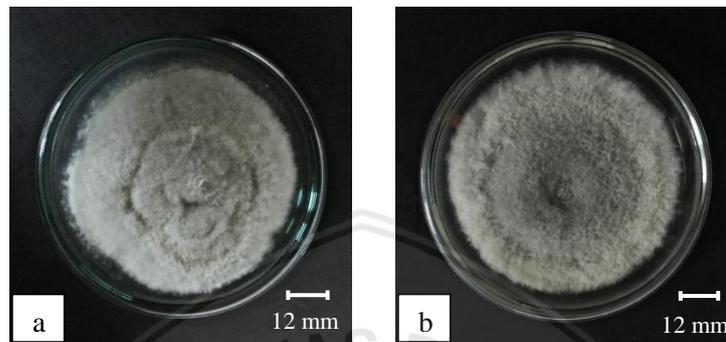


Gambar 7. Gejala jamur *Gloeosporium* sp. pada buah apel (anak panah): (a) Gejala serangan jamur *Gloeosporium* sp. di lapang; (b) Gejala serangan hasil reinokulasi jamur *Gloeosporium* sp. pada 7 HSI.

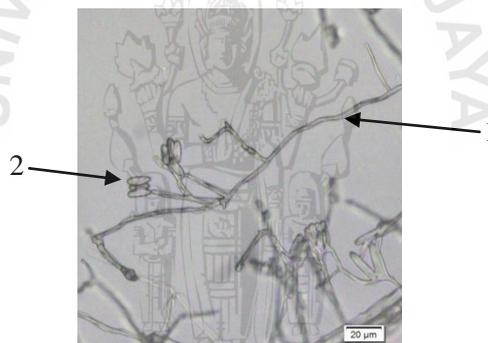
Hasil reinokulasi pada buah yang sehat menunjukkan gejala yang sama dengan lapang. Pada tahap awal infeksi, gejala pertama kali muncul berupa bintik-bintik kecil berwarna coklat muda dan melingkar. Bintik akan membesar menutupi permukaan buah dan berubah warna menjadi coklat tua. Pada bagian tengah akan terbentuk pola konsentris tetapi dapat tersebar tidak beraturan dan cekung, yang menyerupai lekukan (Gambar 7b).

Buah dari lapang diisolasi pada media PDA dan dipurifikasi untuk mendapatkan biakan murni (Gambar 8a). Biakan murni yang telah didapat kemudian direinokulasi pada buah apel yang sehat untuk pengujian Postulat Koch. Hasil dari reisolasi sama dengan hasil isolasi pada tahap awal (Gambar 8b). Identifikasi jamur dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Secara

makroskopis, koloni *Gloeosporium* sp. berwarna abu-abu, berbentuk bulat, rapat, dan tebal. Koloni dapat mencapai diameter 9 cm dalam waktu 10 x 24 jam dengan suhu ruang pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*). Dalam penelitian Talvia (1960) dinyatakan bahwa pada media oat-agar dan glukosa agar, jamur membentuk miselium abu-abu dan menghasilkan konidia.



Gambar 8. Kenampakan koloni jamur *Gloeosporium* sp: (a) Koloni jamur *Gloeosporium* sp. pada 10 HSI; (b) Koloni jamur *Gloeosporium* sp. hasil reisolasi pada 10 HSI.



Gambar 9. Kenampakan mikroskopis jamur *Gloeosporium* sp. perbesaran 40x. (1) hifa jamur *Gloeosporium* sp.; (2) Konidia jamur *Gloeosporium* sp.

Pengamatan mikroskopis pada perbesaran 40x menunjukkan bahwa hifa *Gloeosporium* sp. berwarna hialin, bersekat dan mempunyai percabangan. Konidia berwarna hialin, satu sel dan berbentuk silindris dengan kedua sisi ujung tumpul. Berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan panjang konidia antara 11,89-15,33 µm dengan lebar antara 3,25-3,96 µm (Gambar 9). Barnett dan Hunter (1972) menerangkan, *Gloeosporium* memiliki konidiofor sederhana dengan panjang bervariasi, konidia hialin, bersel satu, bulat telur sampai silindris, lurus atau sedikit melengkung. Jamur ini bersifat parasit, terutama pada daun atau buah buahan.

Hasil uji Postulat Koch menunjukkan bahwa terdapat kesamaan antara hasil identifikasi dengan uji Postulat Koch, sehingga dapat disimpulkan bahwa

patogen yang mengakibatkan penyakit busuk buah pada tanaman apel disebabkan oleh jamur patogen *Gloeosporium* sp. Schubert (1983) menerangkan bahwa busuk buah telah dikenal sebagai penyakit apel yang menghancurkan sejak awal 1800. Penyakit ini terjadi pada hampir semua negara tempat apel ditanam, tetapi penyakit tersebut hanya menyebabkan kerusakan ekonomi yang serius di Indonesia dan Amerika Serikat.

4.2. Pengujian Ekstrak Daun Kelor terhadap *Gloeosporium* sp. secara *in vitro*

Pengaruh dari ekstrak daun kelor terhadap jamur *Gloeosporium* sp. secara *in vitro* dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari ekstrak daun kelor dalam menghambat pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. Parameter pengamatan yang digunakan yaitu penghambatan diameter pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. pada media PDA, berat kering miselium jamur *Gloeosporium* sp. dan LC₅₀ (*Lethal Concentration*) ekstrak daun kelor yang menghambat pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. sebesar 50%.

4.2.1. Penghambatan Pertumbuhan Koloni *Gloeosporium* sp.

Nilai penghambatan dihitung dari diameter pertumbuhan pada setiap perlakuan baik tingkat konsentrasi ekstrak daun kelor yang diberikan (25.000 ppm, 50.000 ppm, 75.000 ppm, 100.000 ppm, dan 125.000 ppm) maupun dengan kontrol (tanpa menggunakan ekstrak) dan perlakuan pemberian mankozeb 80% 2000 ppm. Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan dari tingkat konsentrasi memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap jamur *Gloeosporium* sp. dibandingkan dengan kontrol dengan nilai F hitung lebih besar daripada F tabel (Tabel lampiran 1). Pengaruh tersebut perlu diuji lebih lanjut untuk mengetahui konsentrasi yang memberikan pengaruh terbaik. Uji lanjut yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada tingkat kesalahan 5%. Hasil uji BNT Persentase penghambatan ekstrak daun kelor terhadap *Gloeosporium* sp. dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rerata Diameter dan Persentase Penghambatan jamur *Gloeosporium* sp.

Perlakuan	Diameter Pertumbuhan (cm)	Persentase Penghambatan (%)
Kontrol	8,56 f	0 a
Ekstrak kelor 25.000 ppm	6,99 e	18,45 b
Ekstrak kelor 50.000 ppm	5,28 d	38,14 c
Ekstrak kelor 75.000 ppm	4,28 c	50,05 cd
Ekstrak kelor 100.000 ppm	3,80 bc	55,62 d
Ekstrak kelor 125.000 ppm	3,11 b	63,64 d
Mankozeb 80% 2.000 ppm	0.5 a	94,14 e

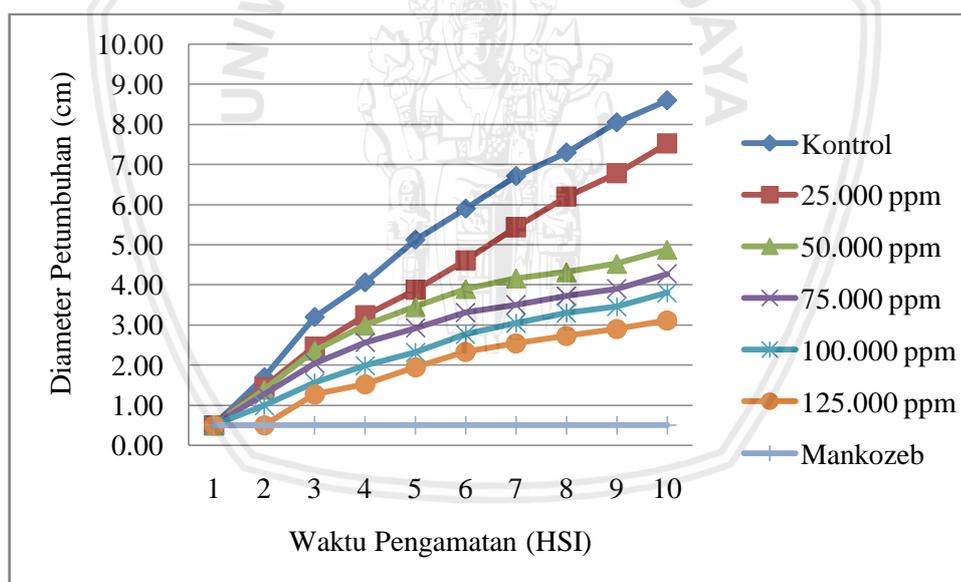
Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) 5%; Data pada Persentase Penghambatan sebelum dianalisis ditransformasi dengan arc sin (\sqrt{x}).

Hasil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa semua pertumbuhan miselium jamur secara bertahap menurun dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak daun kelor. Pada konsentrasi ekstrak 25.000 ppm telah memberikan pengaruh nyata dalam menghambat pertumbuhan miselium jamur *Gloeosporium* sp. dibandingkan terhadap perlakuan kontrol dengan nilai persentase penghambatan sebesar 18,45%. Akan tetapi, disisi lain konsentrasi ekstrak 25.000 ppm memiliki nilai penghambatan paling sedikit dibandingkan dengan perlakuan mankozeb 80% 2.000 ppm. Sedangkan pada konsentrasi ekstrak 125.000 ppm menunjukkan aktivitas antijamur yang lebih kuat terhadap jamur *Gloeosporium* sp. dari perlakuan konsentrasi ekstrak yang lainnya dengan menghambat pertumbuhan miselium sebesar 63,64% pada hari terakhir pengamatan (10 HSI). Persentase penghambatan miselium tertinggi yaitu pada perlakuan pemberian mankozeb dengan menghambat pertumbuhan miselium jamur *Gloeosporium* sp. sebesar 94,14%. Dengan demikian perlakuan konsentrasi pada penelitian ini dapat dikatakan bahwa ekstrak daun kelor memiliki aktivitas antijamur. Aktivitas antijamur yang dimaksud adalah dapat menghambat pertumbuhan miselium jamur *Gloeosporium* sp.

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa perlakuan ekstrak daun kelor yang memberikan pengaruh antijamur tertinggi dalam menghambat pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. adalah konsentrasi 125.000 ppm. Konsentrasi ekstrak yang paling efektif pada penelitian ini adalah konsentrasi 75.000 ppm karena dapat memberikan hasil yang sama secara statistik dengan konsentrasi 125.000

ppm dalam menghambat pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. dengan nilai penghambatannya sebesar 50,05%. Berdasarkan klasifikasi aktivitas antijamur Mori *et al.* (1997), konsentrasi ekstrak 25.000 ppm memiliki aktivitas antijamur yang lemah yaitu dengan penghambatan berkisar lebih dari 0-25%. Konsentrasi ekstrak 50.000 ppm memiliki aktivitas antijamur sedang (lebih dari 25-50%), sementara konsentrasi 75.000 ppm hingga 125.000 ppm memiliki aktivitas antijamur yang kuat (lebih dari 50-75%).

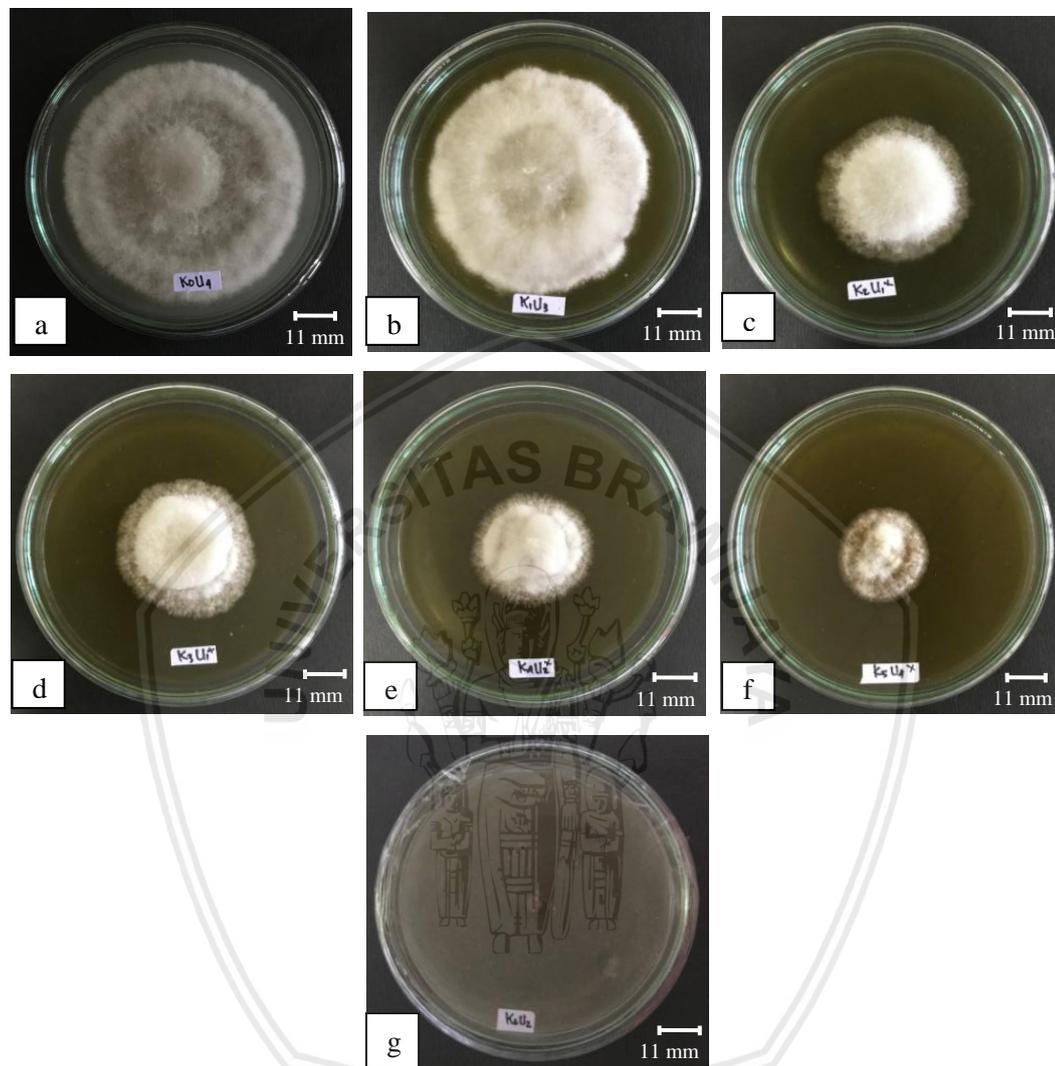
Diameter pertumbuhan dari jamur *Gloeosporium* sp. setiap harinya mengalami peningkatan yang konstan hingga kontrol memenuhi cawan petri pada hari ke-10 HSI (Gambar 10). Rerata diameter koloni jamur mulai yang terlebar hingga terkecil dari hari pertama hingga ke-10 berturut turut yaitu kontrol, konsentrasi ekstrak 25.000 ppm, konsentrasi ekstrak 50.000 ppm, 75.000 ppm, 100.000 ppm, 125.000 ppm, dan yang terakhir yaitu pemberian bahan aktif mankozeb.



Gambar 10. Laju pertumbuhan diameter koloni jamur *Gloeosporium* sp.

Pemberian konsentrasi ekstrak daun kelor berbeda nyata terhadap kontrol pada diameter pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. Penghambatan pertumbuhan diameter jamur *Gloeosporium* sp. oleh ekstrak daun kelor menunjukkan adanya aktivitas antijamur dalam ekstrak tersebut. Penghambatan diameter jamur *Gloeosporium* sp. dapat dilihat pada Gambar 11. Pada Gambar 11 merupakan hasil pengamatan yang dilakukan pada hari ke-10 setelah inokulasi. Pada kontrol,

diameter koloni jamur memenuhi cawan petri atau dapat dikatakan lebih besar daripada perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor mampu menghambat pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp.



Gambar 11. Koloni jamur *Gloeosporium* sp. pada uji penghambatan pertumbuhan ekstrak daun kelor. (a) kontrol; (b) 25.000 ppm; (c) 50.000 ppm; (d) 75.000 ppm; (e) 100.000 ppm; (f) 125.000 ppm; (g) mankozeb.

Ekstrak daun kelor yang digunakan dalam penelitian ini mengandung beberapa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antijamur. Dalam penelitian Zaffer *et al.* (2012) menerangkan bahwa ekstrak daun kelor dengan pelarut etanol mengandung senyawa metabolit sekunder yaitu alkaloid, tanin, saponin, flavonoid, dan triterpenoid. Masing-masing metabolit sekunder tersebut memiliki mekanisme aktivitas antijamur yang berbeda-beda. Dayang *et al.* (2005) mengungkapkan bahwa senyawa tanin dapat menghambat enzim dan protein ekstraseluler dan efek

langsung terhadap membran sel. Saponin memiliki kemampuan untuk menyebabkan kebocoran protein dan enzim tertentu dari sel (Zaffer *et al.*, 2012). Al-bayati dan Al-mola (2008) menyatakan, flavonoid yang telah ditemukan dapat berperan sebagai antimikroba yang efektif terhadap beragam mikroorganisme secara *in vitro*. Flavonoid mampu berikatan dengan enzim ekstraseluler dan protein terlarut, selain itu flavonoid juga dapat merusak membran sel jamur (Tsuchiya *et al.*, 1996). Rusaknya membran sel akan mempengaruhi proses pertumbuhan jamur karena membran sel merupakan tempat terjadinya beberapa reaksi enzimatik sel. Abd Rani *et al.* (2018) menyatakan bahwa golongan flavonoid terbanyak pada daun kelor yaitu senyawa rutin, quercetin, dan apigenin. Rutin dapat digunakan sebagai antijamur yang bekerja dengan cara mengganggu fungsi membrane sitoplasma. Apigenin dan quercetin yang termasuk golongan flavonoid memiliki mekanisme inhibisi pertumbuhan jamur dengan cara meningkatkan permeabilitas membran sel. Peningkatan permeabilitas sel menyebabkan kebocoran sel yang kemudian diikuti kematian sel-sel jamur (Chusine dan Lamb, 2006).

Mekanisme aktivitas antijamur alkaloid terhadap jamur patogen adalah dengan masuk diantara dinding sel dan atau DNA kemudian mencegah replikasi DNA jamur sehingga pertumbuhan jamur akan terganggu (Atta-ur-Rahman dan Choudhary, 1995; Enriz dan Freile, 2006). Berbeda dengan flavonoid, tanin dan alkaloid, mekanisme penghambatan triterpenoid terhadap jamur disebabkan oleh perubahan permeabilitas membran. Gangguan permeabilitas tersebut disebabkan oleh triterpenoid dapat berperan sebagai pelarut yang mampu memasukkan metabolit sekunder lainnya ke dalam membran (Haraguchi *et al.*, 1999; Gershenzon dan Dudareva, 2007).

Fakta bahwa hasil penelitian ini menunjukkan bahwa daun kelor memiliki aktivitas sebagai antijamur. Hal ini dikarenakan efek sinergis dari beberapa senyawa dengan proposinya masing masing di dalam daun kelor seperti tanin, alkaloid, triterpenoid, dan flavonoid di dalam ekstrak yang dapat digunakan sebagai fungisida nabati (Zaffer *et al.*, 2012; Igbinosa *et al.*, 2009). Produk tanaman seperti itu akan dapat terurai dan aman untuk kesehatan manusia (Mohanlall dan Odhav, 2006).

Pelzcar dan Chan (1988) menyatakan bahwa suatu antimikroba dapat bersifat fungistatis atau fungitoksik. Fungistatis merupakan keadaan yang menggambarkan kerja suatu bahan (fungisida) yang menghambat pertumbuhan jamur. Sedangkan fungitoksik merupakan keadaan yang menggambarkan kerja suatu bahan (fungisida) yang menghentikan pertumbuhan jamur. Ariyanti *et al.* (2012) menyatakan bahwa fungistatis dapat diubah menjadi fungitoksik dengan cara menaikkan konsentrasi suatu antimikroba sampai titik kritis, dimana jamur tersebut dapat dibunuh oleh fungisida tersebut. Begitupun sebaliknya, untuk menurunkan pengaruh fungisida dari taraf fungitoksik menjadi fungistatis diperoleh dengan cara menurunkan konsentrasi fungisida yang diberikan. Dalam penelitian Pratiwi (2018) menerangkan bahwa ekstrak daun kelor konsentrasi 30% lebih stabil dalam menghambat pertumbuhan diameter koloni jamur *Alternaria solani* dengan nilai penghambatan sebesar 100%.

4.2.2. Berat Kering (biomassa) Miselium *Gloeosporium* sp.

Perhitungan berat kering miselium jamur *Gloeosporium* sp. dilakukan pada hari terakhir pengamatan (10 HSI). Pengujian berat kering miselium ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari ekstrak daun kelor dengan konsentrasi yang berbeda (25.000 ppm, 50.000 ppm, 75.000 ppm, 100.000 ppm, 125.000 ppm) terhadap biomassa jamur *Gloeosporium* sp. Berdasarkan analisis ragam didapatkan hasil bahwa pemberian ekstrak daun kelor memberikan pengaruh yang nyata pada berat kering (biomassa) miselium jamur *Gloeosporium* sp. (Tabel lampiran 2). Rerata berat kering miselium jamur *Gloeosporium* sp. disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Rerata berat kering miselium jamur *Gloeosporium* sp.

Perlakuan	Berat Kering (g)
Kontrol	0,19 f
Ekstrak kelor 25.000 ppm	0,17 e
Ekstrak kelor 50.000 ppm	0,13 d
Ekstrak kelor 75.000 ppm	0,12 cd
Ekstrak kelor 100.000 ppm	0,11 c
Ekstrak kelor 125.000 ppm	0,08 b
Mankozeb 80% 2.000 ppm	0,02 a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) 5%.

Hasil pada tabel menunjukkan bahwa berat kering miselium dari jamur *Gloeosporium* sp. secara bertahap menurun dengan peningkatan konsentrasi ekstrak daun kelor. Konsentrasi ekstrak 125.000 ppm memiliki berat kering yang paling rendah dari konsentrasi yang lainnya dengan nilai berat kering sebesar 0,08 g. sedangkan untuk berat kering paling tinggi yaitu pada perlakuan konsentrasi ekstrak daun kelor 25.000 ppm sebesar 0,17 g. Semakin kecil berat miselium dapat dikatakan bahwa pertumbuhan jamur dapat ditekan oleh senyawa aktif yang terkandung di dalam ekstrak daun kelor. Semakin besar konsentrasi ekstrak daun kelor berbanding terbalik dengan berat kering miselium jamur. Hal ini dapat dikarenakan pengaruh antijamur dari ekstrak daun kelor. Rahma dan Rahman (2010) mengatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka semakin banyak kadar senyawa aktif yang bersifat antijamur dalam penghambatan pertumbuhan jamur.

4.2.3. Pengaruh Konsentrasi Ekstrak daun Kelor (LC₅₀) terhadap Penghambatan Pertumbuhan Jamur *Gloeosporium* sp.

Nilai *Lethal Concentration* (LC₅₀) merupakan konsentrasi yang digunakan untuk dapat menyebabkan penghambatan pertumbuhan jamur sebesar 50%. Penentuan nilai LC₅₀ ekstrak daun kelor ini menggunakan program Analisis Probit Hsinchi (1997). Untuk mendapatkan nilai LC₅₀ yaitu dengan cara memasukkan nilai konsentrasi perlakuan dan diameter terhambatnya pertumbuhan jamur pada Analisis Probit Hsinchi (1997).

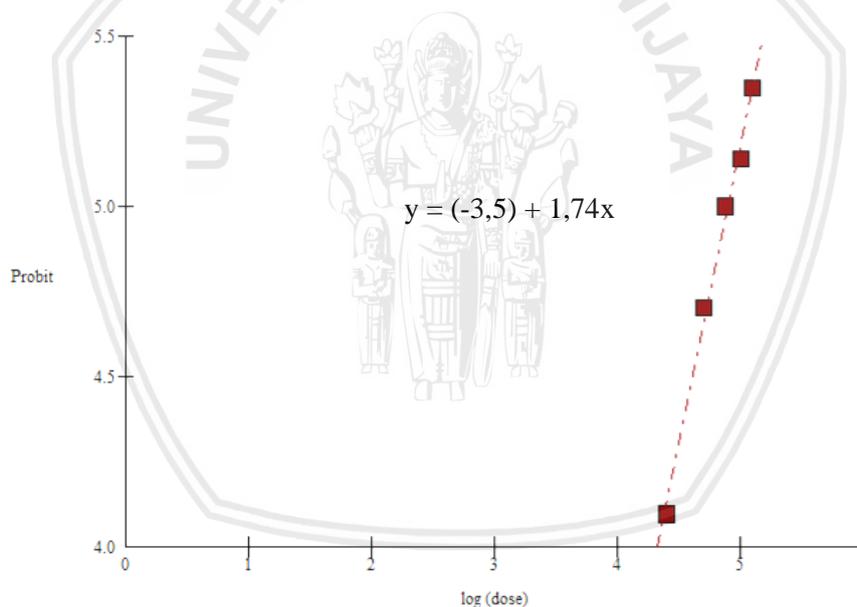
Tabel 4. Hasil Analisis LC₅₀ Ekstrak Daun Kelor terhadap jamur *Gloeosporium* sp.

Ekstrak	Persamaan Regresi	SE	LC ₅₀ (ppm)	Batas Acuan LC ₅₀ (ppm)	
				Bawah	Atas
Daun Kelor	$y = (-3,5) + 1,74 x$	0,897	78.368	71.923	85.902

Keterangan: Nilai LC₅₀ dan persamaan dihitung dengan program Analisis Probit Hsinchi (1997.); SE (Slope Error).

Berdasarkan hasil analisis probit menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak daun kelor 78.368 ppm merupakan konsentrasi minimal yang digunakan untuk dapat menyebabkan penghambatan pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. sebesar 50%. Penelitian yang dilakukan oleh Geng *et al.* (2016) menunjukkan bahwa nilai LC₅₀ dari ekstrak almond pahit terhadap jamur *Gloeosporium fructigenum* adalah 225,9 ppm sedangkan pada jamur *Gloeosporium orbiculare* yaitu 273,7 ppm,

sedangkan pada penelitian Pratiwi (2018) ekstrak daun kelor pelarut etanol dapat menghambat pertumbuhan dari jamur *Alternaria solani* dengan nilai LC_{50} sebesar 105.555ppm (10,55%). Gambar 12 merupakan grafik probit yang dihasilkan oleh program analisis probit Hsinchi pada saat menganalisis probit ekstrak daun kelor dalam menghambat pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. Nilai dari persamaan regresi yang telah dihitung bernilai positif, yang artinya semakin bertambahnya konsentrasi maka nilai hambatan terhadap pertumbuhan jamur akan semakin besar. Nugraheni *et al.* (2014) menyatakan nilai kemiringan garis regresi memberikan arti bahwa dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak akan menyebabkan penghambatan terhadap pertumbuhan jamur uji dengan tingkat hambatan searah dengan garis regresi tersebut. Semakin besar tingkat kemiringan regresi dapat diartikan bahwa pengaruh konsentrasi ekstrak daun kelor terhadap jamur *Gloeosporium* sp. semakin tinggi.



Gambar 12. Probit hubungan log konsentrasi ekstrak daun kelor dengan penghambatan jamur *Gloeosporium* sp.

4.3. Pengujian Ekstrak Daun Kelor secara *in vivo* terhadap Pertumbuhan Jamur *Gloeosporium* sp.

Pada pengujian *in vivo*, dilakukan pengamatan untuk mengetahui potensi hambatan ekstrak daun kelor terhadap diameter gejala penyakit busuk buah yang disebabkan oleh *Gloeosporium* sp. Pengamatan diameter gejala penyakit dilakukan pada buah apel sehat yang telah diberikan masing-masing perlakuan

dan diinokulasi dengan jamur *Gloeosporium* sp. Pengamatan ini dilakukan selama 9 hari. Berdasarkan analisis ragam menunjukkan hasil bahwa pemberian perlakuan ekstrak daun kelor dengan konsentrasi berbeda dapat berpengaruh nyata terhadap diameter gejala penyakit busuk buah apel yang disebabkan oleh *Gloeosporium* sp. dengan nilai F hitung lebih besar daripada F tabel (Tabel lampiran 3). Sedangkan untuk hasil pengamatan yang dilakukan selama 9 HSI (Hari Setelah Inokulasi) pada perlakuan buah apel disajikan pada Tabel 5.

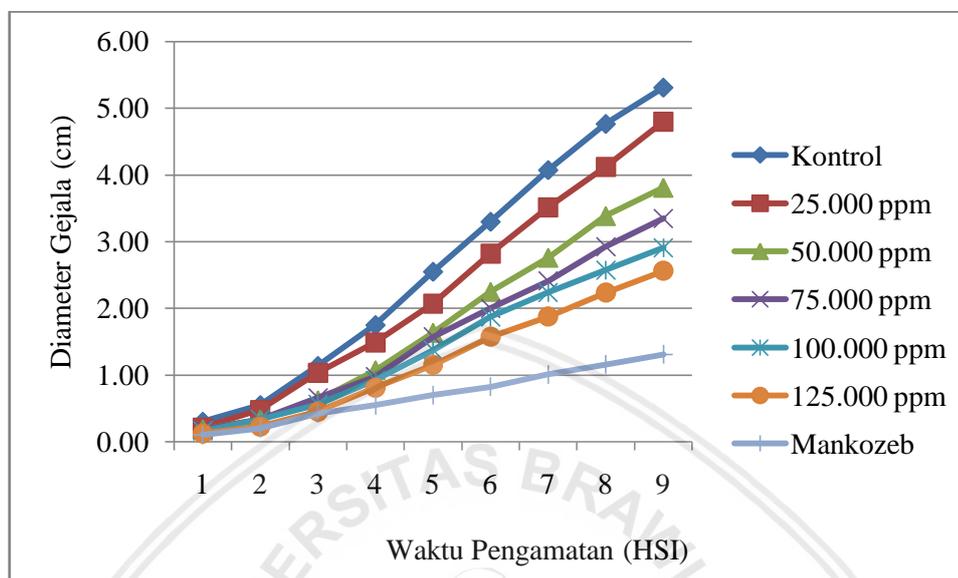
Tabel 5. Rerata Diameter Gejala Penyakit Busuk Buah Apel

Perlakuan	Rerata Diameter Gejala Penyakit pada Buah Apel (cm)
Kontrol	5,31 f
Ekstrak kelor 25.000 ppm	4,80 e
Ekstrak kelor 50.000 ppm	3,81 d
Ekstrak kelor 75.000 ppm	3,35 cd
Ekstrak kelor 100.000 ppm	2,91 bc
Ekstrak kelor 125.000 ppm	2,56 b
Mankozeb 80% 2.000 ppm	1,31 a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) 5%.

Hasil pada Tabel 5 menunjukkan bahwa dibandingkan dengan perlakuan kontrol, perlakuan ekstrak daun kelor konsentrasi 25.000 ppm sudah mampu menghambat pertumbuhan gejala penyakit busuk buah yang disebabkan oleh jamur *Gloeosporium* sp. secara signifikan pada hari terakhir pengamatan (9 HSI). Untuk rerata diameter gejala tertinggi pada perlakuan penambahan ekstrak mulai hari pertama hingga terakhir yaitu perlakuan konsentrasi ekstrak 25.000 ppm dengan diameter gejala selebar 4,80 cm. Sedangkan untuk rerata diameter gejala terendah ada pada perlakuan konsentrasi ekstrak 125.000 ppm yaitu 2,56 cm. Seperti halnya dengan pengujian *in vitro*, dalam pengujian *in vivo* ini diameter gejala busuk buah secara bertahap menurun dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak daun kelor. Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa perlakuan ekstrak daun kelor yang memberikan pengaruh antijamur tertinggi dalam menghambat pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. adalah konsentrasi 125.000 ppm. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi dari ekstrak daun kelor maka semakin banyak kandungan senyawa aktif yang berfungsi sebagai antijamur. Konsentrasi ekstrak yang paling efektif pada pengujian *in vivo* ini adalah konsentrasi 100.000

ppm karena dapat memberikan hasil yang sama secara statistik dengan konsentrasi 125.000 ppm. Berikut merupakan grafik dari pertumbuhan diameter gejala busuk buah pada apel dalam waktu pengamatan 9 HSI.

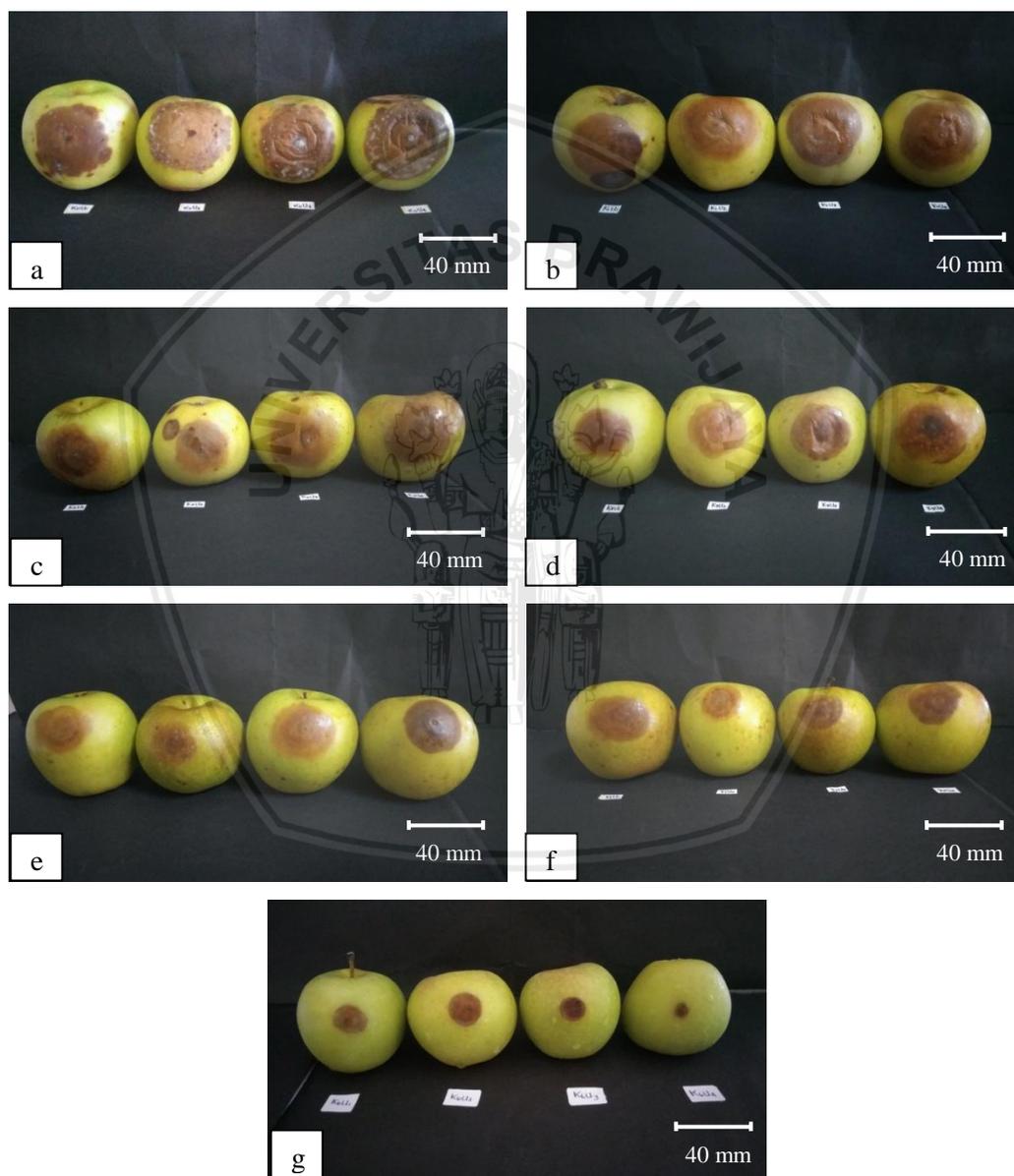


Gambar 13. Laju pertumbuhan diameter gejala jamur *Gloeosporium* sp. pada buah apel

Berdasarkan Gambar 13 menunjukkan bahwa pertumbuhan diameter gejala busuk buah dari hari ke hari mengalami peningkatan yang konstan hingga hari ke 9 HSI. Rerata diameter gejala busuk buah mulai yang terlebar hingga terkecil dari hari pertama hingga kesembilan berturut turut yaitu kontrol, konsentrasi ekstrak 25.000 ppm, konsentrasi ekstrak 50.000 ppm, 75.000 ppm, 100.000 ppm, 125.000 ppm, dan yang terakhir yaitu pemberian bahan aktif mankozeb.

Pada buah apel yang telah dinokulasikan jamur *Gloeosporium* sp. memiliki gejala yang sama saat di lapang maupun Postulat Koch. Gejala dari penyakit ini yaitu adanya bagian buah yang busuk berwarna kecokelatan, melingkar, dan membentuk cekungan dibagian tengah (Gambar 14). Ivey dan Ellis (2014), menjelaskan bahwa gejala awal berupa bintik kecil kecokelatan kemudian membesar pada saat buah masak. Bintik terus berkembang, membentuk cekungan, dan warnanya seiring menjadi cokelat tua hingga hampir hitam. Ketika kondisi optimal, bintik bintik tersebut akan membesar dengan cepat menutupi seluruh permukaan buah.

Pemberian konidia pada permukaan buah apel dengan metode tusukan pada permukaan buah apel. Buah apel ditusuk sebanyak 1 tusukan pada permukaan dengan suspensi inokulum kerapatan 10^6 spora ml^{-1} sebanyak 0,1 ml. Infeksi pada buah terjadi melalui inti sel pada buah yang telah matang. Konodium membentuk buluh kecambah yang membentuk apresorium pada ujungnya. Penetrasi terjadi langsung dengan menembus kutikula, merusak dinding sel, dan benang-benang jamur berkembang dalam sel (Semangun 2000).



Gambar 14. Diameter gejala *Gloeosporium* sp. pada uji penghambatan pertumbuhan ekstrak daun kelor. (a) kontrol; (b) 25.000 ppm; (c) 50.000 ppm; (d) 75.000 ppm; (e) 100.000 ppm; (f) 125.000 ppm; (g) mankozeb.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

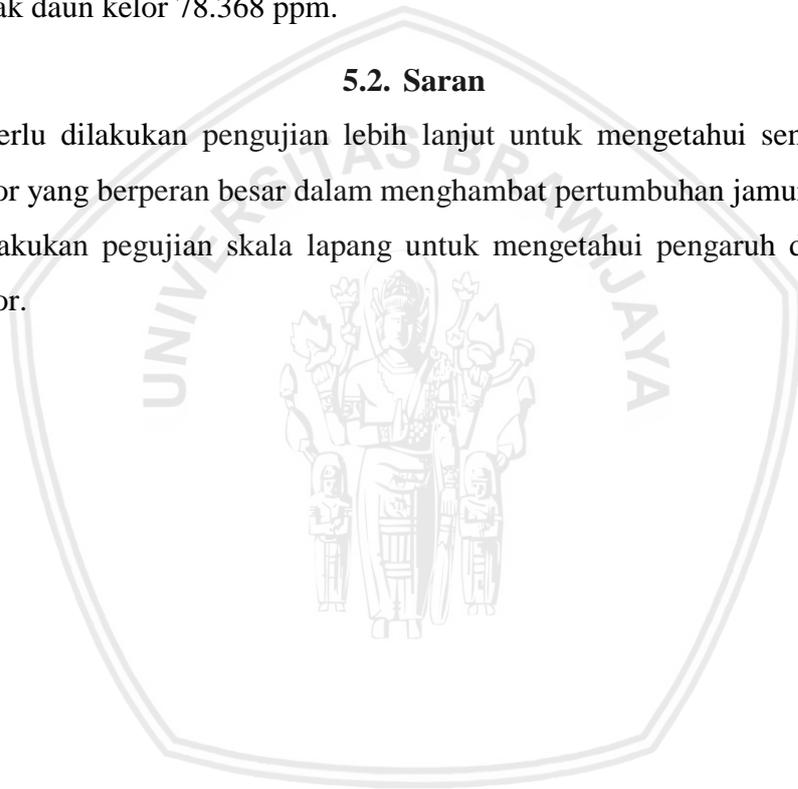
5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dalam penelitian ini yaitu:

1. Konsentrasi ekstrak daun kelor 75.000 ppm merupakan konsentrasi yang efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. pada pengujian *in vitro* sedangkan konsentrasi 100.000 ppm pada perlakuan *in vivo*.
2. Nilai *Lethal Concentration* (LC_{50}) ekstrak daun kelor dalam menghambat pertumbuhan jamur *Gloeosporium* sp. sebesar 50% yaitu pada konsentrasi ekstrak daun kelor 78.368 ppm.

5.2. Saran

Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut untuk mengetahui senyawa aktif daun kelor yang berperan besar dalam menghambat pertumbuhan jamur. Selain itu perlu dilakukan pengujian skala lapang untuk mengetahui pengaruh dari ekstrak daun kelor.



DAFTAR PUSTAKA

- Abd Rani, N. Z., Husain, K., and Kumolosasi, E. 2018. *Moringa* Genus: A Review of Phytochemistry and Pharmacology. *J. Frontiers in Pharmacology*, 9 (108); 1-26.
- Agrios, G. N. 1978. *Plant Pathology*. New York: Academic Press.
- Agrios, G. N. 1997. *Plant Pathology* 4th ed. San Diego California: Academic Press.
- Al-Bayati, F.A and Al-Mola, H. F. 2008. Antibacterial and Antifungal Activities of Different Parts of *Tribulus terrestris* L. Growing in Iraq. *J. Zhejiang Univ Sci B*, 9 (2): 154-159.
- Aminah, S., Ramdhan, T., dan Yanis, M. 2015. Kandungan Nutrisi dan Sifat Fungsional Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*). *J. Buletin Pertanian Perkotaan*, 5 (2), 35-44.
- Anwar, F., and Rashid, U. 2007. Physico-chemical Characteristics of *Moringa oleifera* Seeds and Seed Oil from a Wild Provenance of Pakistan. *Pakistan Journal Botany*, 39 (5), 1443-1453.
- Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., and Gilani, A. H. 2007. *Moringa oleifera*: A Food Plant with Multiple Medicinal Uses. *J. Phytotherapy Research*, 21, 17-25.
- Ariyanti, E. L., Jahuddin, R., dan Yunus, M. 2012. Potensi Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle* liin) Sebagai Biofungisida Penyakit Busuk Buah Stroberi (*Colletotrichum fragariae* brooks) Secara *In Vitro*. *J. Agroteknos*, 2 (3); 150-155.
- Atta-ur-Rahman, and Choudhary, M. I. 1995. Diterpenoid and Steroidal Alkaloids. *J. Nat. Prod. Rep.* 12: 361-379.
- Babadoost, M. 2015. *Bitter Rot of Apple*. Urbana: Department of Crop Sciences University of Illinois.
- Barnett, H. L. and Hunter, B. B. 1972. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* Fourth Edition. Minneapolis. Minnesota: Burgess Publishing Company.
- Bergquist, S. A., Gertsson, U. E., Knuthsen, P., and Olsson, M. E. 2005. Flavonoids in Baby Spinach (*Spinacia oleracea* L.): Changes During Plant Growth and Storage. *J. Agricultural and Food Chemistry*, 53, 945-9464.
- Boukes, G. J., Venter, M. V., and Oosthuizen, V. 2008. Quantitative and Qualitative Analysis of Sterols/Sterolins and Hypoxoside Contents of Three Hypoxis (African potato) spp. *African Journal of Biotechnology*, 7 (11), 1624-1629.
- CABI (Centre for Agriculture and Bioscience International). 2018. *Malus sylvestris* (crab-apple tree). Retrieved Desember 17, 2018, from *Malus sylvestris* (crab-apple tree): <https://www.cabi.org/isc/datasheet/31973>.

- CABI. 2018. *Moringa oleifera* (horse radish tree). Retrieved Desember 17, 2018, from *Moringa oleifera* (horse radish tree): <https://www.cabi.org/isc/datasheet/34868>.
- Caceres, A., Cabera, O., Morales, O., Mollinedo, P., and Mendia, P. 1991. Pharmacological Properties of *Moringa oleifera*. 1: Preliminary Screening for Antimicrobial Activity. *J. Ethnopharmacology*, 33, 213-216.
- Chuang, P. H., Lee, C. W., Chou, J. Y., Murungan, M., Shieh, B. J., and Chen, H. M. 2007. Anti-fungal Activity of Crude Extracts and Essential Oil of *Moringa oleifera*. *J. Bioresource Technology*, 98, 232-236.
- Chusine, T. P. and Lamb, A. J. 2006. Review Antimicrobial Activity of Flavonoids. *ELSEVIER: International Journal of Antimicrobial Gents*, 26, 343-346.
- Dahot, M. U. 1998. Vitamin Contents of Flower and Seed of *Moringa oleifera*. *J. Biochemistry*, 2122-2124.
- Dalimunthe, C. I. dan Rachmawan, A. 2017. Prospek Pemanfaatan Metabolit Sekunder Tumbuhan Sebagai Pestisida Nabati Untuk Pengendalian Patogen Pada Tanaman Karet. *J. Warta Perkaretan*, 36 (1), 15-28.
- Das, A. K., Rajkumar, V., Verma, A. K., and Swarup, D. 2012. *Moringa oleifera* Leaves Extract: A Natural Antioxidant for Retarding Lipid Peroxidation in Cooked Goat Meat. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 585-591.
- Dayang, F. B., Razinah, S. and Paden. 2005. Antimicrobial Activities of Ethanol and Their Products. *J. Biotropia*, 19: 26-46.
- Dhinga, I., and Sinclair, J. B. 1985. *Basic Plant Pathology Methods*. Florida: CRC Press.
- Elliot, R., dan Widodo, W. D. 1996. *Pedoman Praktis Pemangkasan Tanaman*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Enriz, R.D, and Freile, M. L. 2006. Structureactivity Relationship of Berberine and Derivates Acting as Antifungal Compounds. *J. Argentine Chemical Society*, 94 (3): 113-119.
- Euforgen. 2018. *Malus sylvestris*. Retrieved December 31, 2018, from *Malus sylvestris*: <http://www.euforgen.org/species/malus-sylvestris/>.
- Fahey, J. W. 2005. *Moringa oleifera*: A Review of The Medical Evidence for it's Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties Part 1. (http://www.malunggay-propagation.com/Jed_Fahey_text_GB.pdf).
- Folid, N., Makkar, H. P., and Becker. 2007. *The Potential Of Moringa oleifera forAgricultural and Industrial Uses*. Mesir: Dar Es Salaam.
- Gandahusada, S., Llahude, D. H., dan Pribadi, W. 2002. *Parasitologi Kedokteran third Edition*. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Gandjar, I., Samson, R. A., Tweel-Vermeulen, K. V., Oetari, A., dan Santoso, I. 1999. *Pengenalan Kapang Tropik Umum*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.

- Ganie, S. A., Gulia, S. S., Yadav, S. S., Ganguly, S., and Zaffer, M. 2015. Antifungal efficacy of *Moringa oleifera* Lam. American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics, 3 (1), 28-33.
- Geng, H., Yu, X., Lu, A., Cao, H., Zhou, B., Zhou, L., and Zhao, Z. 2016. Extraction, Chemical Composition, and Antifungal Activity of Essential Oil of Bitter Almond. International Journal of Molecular Sciences. 17: 1-14.
- Gershenzon, J and. Dudareva, N. 2007. The Function of Terpene Natural Product in The Natural World. J. Nature Chemical Biology 5 (3): 408-414.
- Gilang, R. 2012. Postulat Koch. Retrieved December 31, 2018, from Postulat Koch: <http://restugilang08.student.ipb.ac.id/2010/06/21/postulat-koch/>.
- Hafsoh, S. 2007. Studi Patogen Penyebab Antraknosa pada Pepaya. Prosiding Seminar Hasil IPB.
- Hapsari, M. D. Y. dan Estiasih, T. 2015. Variasi Proses dan Grade Apel (*Malus sylvestris* mill.) pada Pengolahan Minuman Sari Buah Apel: Kajian Pustaka. J. Pangan dan Agroindustri, 3 (3): 939-949.
- Hariana, A. 2008. Tumbuhan Obat dan Khasiatnya seri 2. Depok: Penebar Swadaya.
- Harlapur, S. I., Kulkarni, M. S., Wali, M. C., and Srikantkulkami, H. 2007. Evaluation of Plant Extracts, Bio-agents and Fungicides against *Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard and Suggs. Causing Turcicum Leaf Blight of Maize. J. Agric. Sci., 20 (3), 542-544.
- Hawksworth, D., Kirk, P. M., Suttom, B. C., and Regler, D. N. 1995. Ainsworth and Bisby's Dictionary of The Fungi 8 th edition. UK: Internasional wallingford.
- Hayati, E. K., Sa'adah, dan Fasya, A. G. 2010. Fraksinasi dan Identifikasi Senyawa Tanin pada Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.). J. Kimia, 4 (2), 193-200.
- Hidayah, M. D. N. 2017. Bioaktivitas Fumigan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) terhadap Tungau Umbi (*Rhizoglyphus robini*). Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya
- Huang, Y. W., Chung, K. T., Wong, T. Y., Wet, C. I., and Lin, Y. 2008. Tannin and Human Health. J. Critical in Food Science and Nutrition, 38 (6), 421-464.
- Igbinosa, O., Igbinosa, E. and Aiyegoro, O. 2009. Antimicrobial Activity and Phytochemical Screening of Stem Bark Extracts from *Jatropha curcas* (Linn). African Journal of Pharmacy and Pharmacology, 3, 058-062.
- Ivey, M. L. L. dan Ellis, M. A. 2014. Bitter Rot of Apple. The Ohio State University
- Karamac, M., Kosinska, A., Rybarczyk, A., and Amarowicz, R. 2007. Extraction and Chromatographic Separation of Tannin Fraction from Tannin-Rich Plant Material. Polish Journal of Food and Nutrition Science, 57 (4), 471.

- Kasolo, J. N., Bimeya, B. S., Ojok, L., Ochieng, J., and Ogwal-Okeng, J. W. 2010. Phytochemicals and Uses of *Moringa oleifera* Leaves in Ugandan Communities. *Journal of Medical Plants Research*, 4 (9), 753-757.
- Khasanah dan Uswatun. 2008. Efektivitas Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk) sebagai Koagulan Fosfat dalam Limbah Cair Rumah Sakit (Studi Kasus di RSUD Dr. Saiful Anwar Malang). Malang: UIN.
- Krisnadi, A. D. 2015. Kelor Super Nutrisi. Edisi Revisi. Kunduran, Blora: Pusat Informasi dan Pengembangan Tanaman Kelor Indonesia, Lembaga Swadaya Masyarakat – Media Peduli Lingkungan (LSM-MEPELING).
- Kusuma, R. F., dan Zaky, M. B. 2006. Tumbuhan Liar Berkhasiat Obat. Jakarta: Agomedia Pustaka.
- Kusumo, S. 1986. Apel. Jakarta: CV Yasaguna.
- Kusumo, S., dan Verheij, E. W. 1997. Pelatihan: pemangkasan dan Pelengkungan. dalam E. W. M. Verheij dan R. E. Coronel (Eds.). *Prosea Sumber Daya Nabati Asia Tenggara 2: Buah-Buahan yang Dapat Dimakan*. Jakarta: Gamedia Pustaka Utama.
- Laras. 2018. Efektivitas Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.) dalam Pengendalian Ulat Krop (*Crocidolomia pavonana* F.) pada Tanaman Kubis (*Brassica oleracea* L. var. *Capitata*). Skripsi. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Lawal, D. 2013. Medical, Pharmacological and Phytochemical Potential of *Annoa comous* L. Peel-A Review. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 6 (1), 101-104.
- Makkar, H. P. and Becker, K. 1997. Nutrients and Antiquality Factors in Different Morphological Parts of the *Moringa oleifera* Tree. *J. Agricultural Science*, 128, 311-322.
- Marchelinda, C. 2011. Kajian Histopatologi Paru-paru Ayam Broiler yang diuji Tantang Virus Avian Influenza (H5N1) Setelah Pemberian Ekstrak Tanaman Sirih Merah (*Piper Crocatum*). Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Mardiana, L. 2013. Daun Ajaib Tumpas Penyakit. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Maung, Y., Handayani, S. S., dan Aryoseto, L. 2016. Efek Ekstrak Etanol Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam) terhadap Mortalitas Larva *Anopheles aconitus* L. Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Mendieta-Araica, B., Spörndly, E., ReyesSánchez, N., Salmerón-Miranda, F., and Halling, M. 2013. Biomass Production and Chemical Composition of *Moringa oleifera* under Different Planting Densities and Levels of Nitrogen Fertilization. *J. Agoforest. Syst.*, 87, 81-92.
- Misra, S. and Misra, M. K. 2014. Nutritional Evaluation of Some Leafy Vegetable used by the Tribal and Rural People of South Odisha India. *J. Natural Product and Plant Resources*, 4, 23-28.

- Mohanlall, V. and Odhav, B. (2006). Biocontrol of Aflatoxins B1, B2, G1, G2 and Fumonisin B1 with 6,7-dimethoxycoumarin, A Phytoalexin from *Citrus sinensis*. J. Food Protect., 69: 2224-2229.
- Mori, M., Aoyama, M., Doi, S., Kanetoshi, A., and Hayashi, T. 1997. Antifungal Activity of Bark Extract of Deciduous Trees. J. Holz als Roh und Werkstoff Springer-verlag, 55: 130-132.
- Moyo, B. 2012. Antimicrobial Activities of *Moringa oleifera* Lam Leaf Extracts. African Journal of Biotechnology, 11 (11), 2797-2802.
- Muhibuddin, A., Addina, L., Abadi, A. L., and Ahmad, A. 2011. Biodiversity of Soil Fungi on Integrated Pest Management Farming System. J. Agivita, 33 (22), 111-118.
- Muthukumar, M., Naveena, B. M., Vaithyanathan, S., Sen, A. R., and Sureshkumar, K. 2012. Effect of Incorporation of *Moringa oleifera* Leaves Extract on Quality of Gound Pork Patties. J. Food Science and Technology .
- Newman, Michael C. 1995. Quantitative Methods in Aquatic Ecotoxicology. Florida: Lewis Publishers
- Nkya, J. W., Erasto, P., Kilambo, D., and Chacha, M. 2014. In vitro Evaluation of Antifungal Activity of *Moringa oleifera* Lam Extracts against Coffee Wilt Pathogen, *Gibberella xylarioides* Heim and Saccas. American Journal of Research Communication, 2 (12), 53-62.
- Nugraheni, A. S., Djauhari, S., Cholil, A., dan Utomo, E. P. 2014. Potensi Minyak Atsiri Serai Wangi (*Cymbopogon winterianus*) sebagai Fungisida Nabati terhadap Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum gloeosporioides*) pada Buah Apel (*Malus sylvestris* Mill). J. HPT, 2 (4), 92-102.
- Nweze, N. O. and Nwafor, F. I. 2014. Phytochemical, Proximate and Mineral Composition of Leaf Extract of *Moringa oleifera* Lam. from Nsukka, South Nigeria. IOSR J. Pharmacy and Biological Sciences (IOSR_JPBS), 9 (1), 99-103.
- Oluduro, A. O. 2012. Evaluation of Antimicrobial Properties and Nutritional Potentials of *Moringa oleifera* Lam. leaf in South-Western Nigeria. Malaysian Journal of Microbiology, 8, 59-67.
- Palmer, J. W., Prive, J. P., and Tustin, D. S. 2003. Temperature. In D. C. Ferree, and I. J. Warrington, Apples Botany, Production and Uses (p. 224). CABI publishing.
- Palupi, N., Zakaria, F., dan Prangdimurti, E. 2007. Pengaruh Pengelolaan terhadap Nilai Gizi Pangan ENBP Me-L. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan: IPB.
- Pandey, A., Pandey, R. D., Tripathi, P., Gupta, P. P., Haider, J., Bhatt, S. 2012. *Moringa oleifera* Lam. (Sahijan)-A Plant with a Plethora of Diverse Therapeutic Benefits: An Updated Retrospection. Retrieved December 30, 2018, from Medicinal Aromatic Plants: <http://omicsgoup.org/journals/MAP/MAP-1-101.pdf>.

- Patel, N and Mohan, J. S. S. 2018. Antimicrobial Activity and Phytochemical Analysis of *Moringa oleifera* Lam. Crude Extracts Against Selected Bacterial and Fungal Strains. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 10 (2): 68-79.
- Pelczar, M. J. dan Chan, E. C. 1988. *Dasar dasar Mikrobiologi Jilid 2*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Ploetz, R. C., Rohrbach, K. G., Lim, T. K., Menge, J. A., and Michailides, T. J. 2003. *Common Pathogens of Tropical Fruit Crops*. In R. C. Ploetz, *Disease of Tropical Fruit Crops*. Wallingford UK: CABI Publishing.
- Pusat Informasi dan Pengembangan Tanaman Kelor Indonesia. 2010. *Kelor Super Nutrisi*. Blora: Lembaga Swadaya Masyarakat-Media. Peduli Lingkungan (LSM-MEPELING).
- Pratiwi, F. A. 2018. Uji Aktivitas Antijamur Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) terhadap *Alternaria solani* Penyebab Penyakit Bercak Daun pada Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.
- Rahmah, N. dan A. Rahman. 2010. Uji Fungistatik Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle* L.) terhadap *Candida albicans*. *J. Bioscientiae* 07: (2). 21.
- Ramachandran, C., Peter, K. V., and Gopalakrishnan, P. K. 1980. Drumstick (*Moringa oleifera*): a Multipurpose Indian Vegetable. *J.Econ. Bot.*, 34, 276-283.
- Rand, Gary M. 2003. *Effects, Fundamentals of Aquatic Toxicology "Environmental Fate, and Risk Assessment" Second Edition*. London and New York : Taylor and Francis Group.
- Richardson, E. A., Seeley, S. D., and Walker, D. R. 1974. A Model for Estimating The Completion of Rest of 'Redhoven' and 'Elberta' Peach Trees. *J. HortScience*, 9, 331-332.
- Riyadi, A. S., Soesanto, L., dan Kustantinah. 2008. Virulensi *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi* Isolat Boyolali dan Temanggung setelah disimpan Enam Tahun dalam Tanah Steril. *J. Perlindungan Tanaman Indonesia*, 14(2): 80-85.
- Roslizawaty, Ramadani, N. Y., Fakhurrazi, dan Herriafian. 2013. Aktivitas Antibakterial Ekstrak Etanol dan Rebusan Sarang Semut (*Myrmecodia* sp.) Terhadap Bakteri *Escherichia coli*. *J. Medika Veterinaria*, 93.
- Rukmana, D. 2010. Uji Aktivitas Ekstrak tanol 95% Daun Juwet (*Syzgium cumini* (L.) Skeels) dalam Menurunkan Kadar Asam Urat Dalam Darah Mencit *Hiperurisemia*. Skripsi. Surabaya: Fakultas Farmasi Universitas Airlangga.
- Rukmana, R. 1994. *Tomat dan Cherry*. Yogyakarta: Kanisius.
- Saffan, S. E., and El-Mousallamy, A. M. 2008. Allelopathic Effect of *Acacia raddiana* Leaf Extract on The Phytochemical Contents of Germinated Lupinus Termis Seeds. *J. Applied Sciences Research*, 4 (3): 270-277.

- Salisbury, F. B., dan Ross, C. W. 1995. Fisiologi Tumbuhan Jilid III. Bandung: ITB.
- Saoji, A. 2016. Is a Tomato Better Than An Apple?. *People Journal of Scientific Research*, 9 (2).
- Sastrahidayat, I. R. 2014. Medium Buatan untuk Penelitian Penyakit Tumbuhan di Laboratorium. Malang: Universitas Brawijaya Press (UB Press).
- Sellitasari, S., Ainurrasyid, dan Suryanto, A. 2013. Perbedaan Produksi Tanaman Apel (*Malus sylvestris* mill.) pada Agroklimat yang Berbeda. *J. Produksi Tanaman*, 1 (1): 1-8.
- Semangun, H. 2000. Penyakit-Penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 835.
- Shah, M. A., Bosco, S. J., and Mir, S. A. 2015. Effect of *Moringa oleifera* Leaf Extract on the Physicochemical Properties of Modified Atmosphere Packaged Raw Beef. *Food Packaging and Shelf Life*, 3, 31-38.
- Shofiana, R. H., Sulistyowati, L., dan Muhibuddin, A. 2015. Eksplorasi Jamur Endofit dan Khamir pada Tanaman Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) serta Uji Potensi Antagonismenya terhadap Jamur Akar Putih (*Rigidoporus microporus*). *J. HPT*, 3 (1), 75-83.
- Simbolan, J. M., Simbolan, M., dan Katharina, N. 2007. Cegah Malnutrisi dengan Kelor. Yogyakarta: Kanisius.
- Sitanggang, J. M., Siregar, E. B., dan Batubara, R. 2015. Respon *Phaeophleospora* sp. Terhadap Fungisida Berbahan Aktif Metiram Secara In vitro. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera, 1-6.
- Soelarso, R. B. 1996. Budidaya Apel. Yogyakarta: Kanisius.
- Soenandar, M. dan Tjachjono, R. H. 2012. Membuat Pestisida Organik. Jakarta: PT. AgoMedia Pustaka.
- Sudarmo, S. dan Mulyaningsih, S. 2014. Mudah Membuat Pestisida Nabati Ampuh. Jakarta: PT AgoMedia Pustaka.
- Sulistyawati, D. dan Mulyati, S. 2009. Uji Antijamur Infusa Daun Jamur Mete (*Anacardicum occidentale* L.) terhadap *Candida albicans*. *J. Biomedika*, 2 (1).
- Sunarjono, H. 2006. Berkebun 21 Jenis Tanaman Buah. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sunarjono, H. 2013. Berkebun 26 Jenis Tanaman Buah. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Susanto, T. dan Saneto, B. 1994. Telmologi Pengolahan Hasil Pertanian. Surabaya: Bina Ilmu.
- Tilong, A. D. 2012. Ternyata, Kelor Penakluk Diabetes. Jogjakarta: DIVA Press.
- Tsuchiya, H., M. Sato, T. Miyazaki, S. Fujiwara, S. Tanigaki, M. Ohyama, T. Tanaka, I. Takase, and Linuma, M. 1996. Comparative Study on The Antibacterial Activity of Phytochemical Flavonones against Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *J. Ethnopharmacol*, 50 : 27-34.

- Untung, O. 1994. Jenis dan Budidaya Apel. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Utami, P., dan Puspaningtyas, D. E. 2013. The Miracle of Herbs. Jakarta: Agomedia Pustaka.
- Verma, A. R., Vijayakumar, M., Mathela, C. S., and Rao, C. V. 2009. In Vitro and In Vivo Antioxidant Properties of Different Fractions of *Moringa oleifera* Leaves. Food Chem. J. Toxicol, 47, 2196-2201.
- Vongsak, B., Sithisarna, P., Mangmool, S., Thongpraditchote, S., Wongkrajang, Y., and Gitsanapana, W. 2012. Maximizing Total Phenolics, Total Flavonoids Contents and Antioxidant Activity of *Moringa oleifera* Leaf Extract by the Appropriate Extraction Method. J. Industrial Crops and Products 44, 566-571.
- Woodlandtrust. 2018. Crab Apple (*Malus sylvestris*). Retrieved December 31, 2018, from Crab Apple (*Malus sylvestris*): <https://www.woodlandtrust.org.uk/visiting-woods/trees-woods-and-wildlife/british-trees/native-trees/crab-apple/>.
- Yamego, W. C., Bengaly, D. M., Savadogo, A., Nikiema, P. A., and Traore, S. A. 2011. Determination of Chemical Composition and Nutritional Values of *Moringa oleifera* Leaves. Pakistan Journal of Nutrition, 10 (3), 264-268.
- Yusuf, A. L., Nurawaliah, E., dan Harun, N. 2017. Uji Efektivitas Gel Ekstrak Etanol Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.) sebagai Antijamur *Malassezia furfur*. J. Ilmiah Farmasi, 5 (2); 62-67.
- Zaffer, M., Ahmad, S., Sharma, R., Mahajan, S., Gupta, A. and Agnihotri, R. 2012. Antifungal Activity and Preliminary Phytochemical Analysis of Bark Extracts of *Moringa oleifera* Lam. International Journal of Biosciences (IJB), 2, 26-30.
- Zala, S. M. and Penn, D. J. 2004. Abnormal Behaviours Induced by Chemical Pollution: a Review of the Evidence and New Challenges. J. Animal Behaviour (68), 649-664.