

**KAJIAN TANAMAN CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz) TAHAN
Fusarium oxysporum BERDASARKAN KARAKTER ANATOMIS HASIL
PENGIMBASAN ASAM SALISILAT**

(Skripsi)

Oleh

**RESYA TAMARA AGUSTIN
2017061029**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

KAJIAN TANAMAN CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz) TAHAN *Fusarium oxysporum* BERDASARKAN KARAKTER ANATOMIS HASIL PENGIMBASAN ASAM SALISILAT

Oleh

RESYA TAMARA AGUSTIN

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) merupakan tanaman yang banyak dibudidayakan di Indonesia, hal ini dikarenakan cassava merupakan salah satu sumber makanan pokok dan sumber pendapatan di seluruh daerah tropis, tetapi dalam proses pertumbuhannya, petani sering kali terkendala oleh adanya gangguan jamur patogen penyebab penyakit layu fusarium dan menyebabkan kualitas tanaman cassava menurun. Salah satu cara untuk mengendalikan penyakit layu fusarium dengan penanaman bibit cassava pada media tanah melalui pengimbasan asam salisilat secara *in vivo*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh asam salisilat terhadap karakter anatomis daun dan akar pada tanaman cassava yang diinokulasi jamur *Fusarium oxysporum* dan mengetahui konsentrasi asam salisilat yang optimal terhadap karakter anatomis daun dan akar pada tanaman cassava yang diinokulasi jamur *Fusarium oxysporum*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan 5 taraf konsentrasi asam salisilat yaitu 0 ppm, 80 ppm, 100 ppm, 120 ppm dan 140 ppm. Analisis data menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan uji lanjut dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan karakter anatomis daun dan akar pada tanaman cassava yang diimbas menggunakan asam salisilat. Pada penelitian ini konsentrasi asam salisilat paling toleran untuk seleksi tanaman cassava dengan pertumbuhan optimum adalah 100 ppm yang ditandai dengan peningkatan jumlah indeks stomata daun dan ketebalan lignin akar.

Kata kunci: asam salisilat, cassava, *Fusarium oxysporum*, *Induced resistance*, lignin akar dan stomata.

ABSTRACT

STUDY OF CASSAVA PLANT (*Manihot esculenta* Crantz) STAND *Fusarium oxysporum* BASED ON THE ANATOMICAL CHARACTER OF SALICYLIC ACID IMPROVEMENT

By

RESYA TAMARA AGUSTIN

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is a plant that is widely cultivated in Indonesia, this is because cassava is a staple food source and source of income throughout the tropics, but in the growing process, farmers are often hampered by the presence of pathogenic fungi that cause fusarium wilt. and causes the quality of cassava plants to decline. One way to control fusarium wilt disease is by planting cassava seeds in soil media using salicylic acid *in vivo*. The purpose of this research was to determine the effect of salicylic acid on the anatomical characters of leaves and roots in cassava plants inoculated with *Fusarium oxysporum* fungus and to determine the optimal concentration of salicylic acid on the anatomical characters of leaves and roots in cassava plants inoculated with *Fusarium oxysporum* fungus. This research used a one-factor Completely Randomized Design (CRD) with 5 levels of salicylic acid concentration, namely 0 ppm, 80 ppm, 100 ppm, 120 ppm and 140 ppm. Data analysis used Analysis of Variance (ANOVA) and further testing with the Honestly Significant Difference Test (SDT) at the 5% level. The results of the research showed that there were changes in the anatomical characteristics of the leaves and roots of cassava plants which were influenced by using salicylic acid. In this study, the most tolerant salicylic acid concentration for selecting cassava plants with optimum growth was 100 ppm, which was characterized by an increase in the number of leaf stomatal indices and root lignin thickness.

Keywords : salicylic acid, cassava, *Fusarium oxysporum*, Induced resistance, root lignin, stomata.

**KAJIAN TANAMAN CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz) TAHAN
Fusarium oxysporum BERDASARKAN KARAKTER ANATOMIS HASIL
PENGIMBASAN ASAM SALISILAT**

Oleh

RESYA TAMARA AGUSTIN

(Skripsi)

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS**

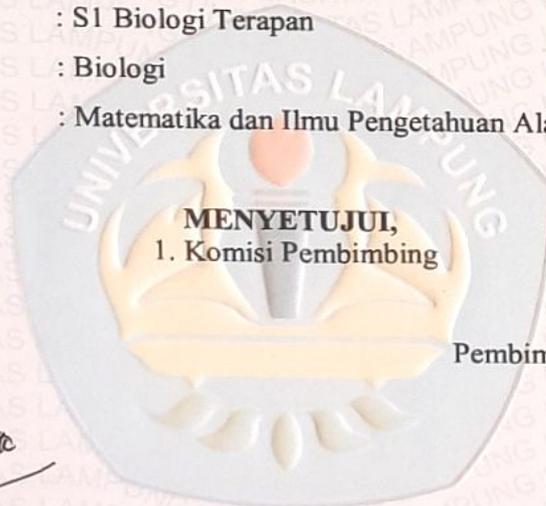
Pada

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : Kajian Tanaman Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)
Tahan *Fusarium oxysporum* Berdasarkan Karakter
Anatomis Hasil Pengimbasan Asam Salisilat
Nama Mahasiswa : Resya Tamara Agustin
NPM : 2017061029
Program Studi : S1 Biologi Terapan
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Sri Wahyuningsih, M. Si.
NIP. 196111251990032001

Prof. Dr. Endang Nurcahyani, M. Si.
NIP. 196510311992032003

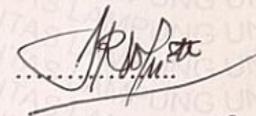
2. Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi FMIPA

Dr. Jani Master, S. Si., M. Si.
NIP. 198301312008121001

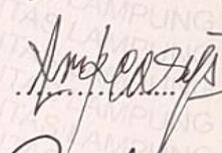
HALAMAN PENGESAHAN

1. Tim Penguji

Ketua Penguji : **Dr. Sri Wahyuningsih, M. Si.**



Anggota Penguji : **Prof. Dr. Endang Nurcahyani, M. Si.**



Penguji Utama : **Prof. Dr. Bambang Irawan, M. Sc.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S. Si., M. Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **10 Juni 2024**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Resya Tamara Agustin
Nomor Pokok Mahasiswa : 2017061029

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini, baik gagasan, data dan pembahasan adalah benar karya yang saya susun sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasi sebelumnya dengan kata lain hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat, jika di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 28 Juni 2024



Resya Tamara Agustin
NPM. 2017061029

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Desa Karta, Kec. Tulang Bawang Udik, Kab. Tulang Bawang Barat, Provinsi Lampung pada tanggal 22 Agustus 2001, sebagai anak kedua dari pasangan Bapak Aswar Irawan dan Ibu Reni Diana (Almh), Ibu Ria Aryanti Alfian, S.Pd. Penulis menempuh pendidikan pertamanya di Taman Kanak-Kanak (TK) Dharma Wanita hingga tahun 2007, kemudian Penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar (SD) pada tahun 2007 hingga lulus pada tahun 2013 di SDN 1 Karta, selanjutnya Penulis melanjutkan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 1 Tulang Bawang Udik dan lulus pada tahun 2016. Penulis kemudian menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA N 1 Tumijajar dan lulus pada tahun 2019. Penulis bercita-cita menjadi seorang Dokter, akan tetapi pada tahun yang sama penulis gagal diterima di Fakultas Kedokteran impiannya. Penulis menghabiskan waktunya selama satu tahun untuk belajar dan memutuskan untuk mengambil Bimbingan Belajar (Bimbel) di Nurul Fikri, Bandar Lampung sebagai bentuk usaha dan ikhtiarnya untuk mengejar cita-citanya. Pada tahun 2020, qadarullah Penulis diterima melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada pilihan keduanya yaitu Program Studi Biologi Terapan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa biologi, penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Teknik Kultur *In Vitro* Tumbuhan, Rekayasa Genetika, Parasitologi Hewan dan Biologi Konservasi pada Program Studi S1 Biologi Terapan FMIPA Universitas Lampung dan pernah mengikuti kegiatan Mahasiswa Kurator Hayati (MKH). Penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. Biru Laut Khatulistiwa (Central Proteina Prima), Kalianda, Provinsi Lampung pada tahun 2023 dan pada tahun yang sama Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Hanura, Kec. Teluk Pandan, Kab. Pesawaran, Lampung. Penulis termasuk dalam bagian Penelitian Hibah MBKM bersama Ibu Prof. Dr. Endang Nurcahyani, M. Si. dalam penelitian skripsinya.

PERSEMBAHAN



Dengan mengucapkan rasa syukur kehadiran Allah SWT juga shalawat yang senantiasa pada Rasulullah Muhammad SAW.

Saya persembahkan karya kecil ini kepada Orang Tua dan Keluarga

Yang telah merawat, memberikan kasih sayang, motivasi dan senantiasa mendo'akan setiap langkah yang saya jalani.

Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Biologi Universitas Lampung

Yang telah membimbing, mengarahkan dan memberikan segala ilmunya dengan ikhlas kepada saya hingga gelar sarjana ini dapat saya raih.

Teman-Teman Prodi Biologi Terapan Angkatan 2020

Yang telah berjuang sejak awal berada di bangku perkuliahan dan selalu memberikan semangat disetiap ada kesempatan hingga saat ini.

Almamater Tercinta

Universitas Lampung yang akhirnya menjadi jodoh saya dan memberikan kesempatan kepada saya untuk menimba ilmu dan menjadi tempat saya berikhtiar meraih impian saya.

MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).”

(QS. Al-Insyirah : 6-7)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatiku tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkan ku.”

(Umar Bin Khattab)

“Learn, Grow, Heal”

(Resya Tamara Agustin)

SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biologi Terapan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung yang berjudul **“Kajian Tanaman Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Tahan *Fusarium oxysporum* Berdasarkan Karakter Anatomis Hasil Pengimbasan Asam Salisilat”**. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian Ibu Prof. Dr. Endang Nurcahyani, M. Si. dengan judul **“Riset Berbasis Analisis Molekuler Tanaman Cassava Hasil *Induced Resistance* Terhadap Penyakit Layu *Fusarium* Sebagai Bentuk Implementasi Penelitian MBKM Program Studi Biologi Terapan FMIPA Universitas Lampung”**, yang didanai Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Lampung berdasarkan Surat Perjanjian (Kontrak) Penyelenggaraan “Penelitian Merdeka Belajar Kampus Merdeka” Nomor : 878/UN26. 21/PN/2023. 10 April 2023. Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh sekali dari kata sempurna, namun berkat Ridho Allah SWT dan masukan dari berbagai pihak, skripsi ini akhirnya dapat penulis selesaikan dengan baik. Penulis menyampaikan ucapan Terimakasih kepada :

1. Ibu Dr. Sri Wahyuningsih, M. Si. selaku Pembimbing I atas waktu dan tenaga serta kesabaran dalam memberikan ilmu, bimbingan, nasihat, arahan, saran serta masukan kepada Penulis dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.

2. Ibu Prof. Dr. Endang Nurcahyani, M. Si. selaku Pembimbing II atas waktu dan tenaga serta kesabaran dalam memberikan ilmu, bimbingan, nasihat, arahan, saran serta masukan kepada Penulis dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Bambang Irawan, M. Sc., selaku Pembahas ujian skripsi. Terima kasih untuk arahan dan bimbingan serta masukan, kritik, dan saran pada seminar-seminar terdahulu.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung
5. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S. Si., M. Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung
6. Bapak Dr. Jani Master, M. Si., selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung
7. Ibu Gina Dania Pratami, S. Si., M. Si., selaku Ketua Program Studi S1 Biologi Terapan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung
8. Ibu Prof. Dr. Endang Nurcahyani, M. Si. selaku Ketua Program Studi S1 Biologi Terapan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung pada tahun 2019 hingga 2023.
9. Ibu Dra. Tundjung Tripeni Handayani, M. Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik Penulis pada tahun 2020-2023 atas segala jasa, ilmu, nasihat baik, arahan dan segala bentuk bantuannya kepada Penulis selama masa bakti hingga masa purnabaktinya. Semoga ibu selalu dalam lindungan Allah SWT dan dilimpahi nikmat kesehatan, aamiin.
10. Bapak Prof. Dr. Sumardi, M. Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis atas arahan, bimbingan, kritik dan masukan serta segala bantuan kepada penulis sehingga segala urusan akademik penulis dapat berjalan dengan baik tanpa halangan suatu apapun. Semoga Bapak selalu dalam lindungan Allah SWT dan dilimpahi nikmat kesehatan, aamiin.

11. Bapak Ibu Dosen serta Staff Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu, Penulis mengucapkan banyak terimakasih atas bimbingan, bantuan dan ilmu yang sudah diberikan kepada penulis selama melaksanakan studi di Jurusan Biologi.
12. Cinta pertama dan panutan Penulis, Ayahanda Aswar Irawan. Terimakasih telah percaya atas semua keputusan yang telah penulis ambil dalam melanjutkan impian, serta cinta kasih sayang yang tulus, pengorbanan tiada henti, do'a, dukungan dan motivasi yang selalu membuat penulis percaya bahwa penulis mampu menyelesaikan gelar sarjana ini hingga akhir. Ayah sangat berperan penting dalam perjalanan hidup penulis sampai kapanpun.
13. Pintu surga, Ibunda Reni Diana (Almh) dan Ria Aryanti Alfian, S.Pd., Terimakasih berkat do'a paling mustajabnya yang tak pernah putus untuk penulis. Mustahil penulis mampu melewati semua permasalahan yang penulis alami selama ini jika tanpa campur tangan do'a, ridha dan dukungan dari ibu. Terimakasih atas cinta kasih sayang yang tulus, pengorbanan tiada henti untuk hidup penulis. Berkat Bunda dan Mamak ternyata penulis mampu.
14. Yang melahirkan pintu surga, Anyik Ruhaina. Terimakasih telah turut serta menjadi pengganti peran ibu dalam merawat dan membesarkan penulis sedari belum mengerti apa-apa hingga seperti saat ini, yang selalu melimpahkan kasih sayang, dukungan dan do'a tulus untuk keberhasilan cucunya. Semoga Allah SWT selalu melindungi anyik dan melimpahi nikmat kesehatan selalu untuk anyik, aamiin.
15. Kepada cinta kasih saudara penulis, Yunda Rendie Meita Sarie Putri, S.H., M.H., dan kedua adik penulis Almira Khariza Putri dan Gibran Rachmad Zakaria yang selalu membersamai penulis. Terimakasih untuk do'a dan dukungannya. Semangat menuntaskan pendidikan, mari kita gapai bersama-sama puncak tertinggi kita menjadi manusia yang sukses dan bermanfaat bagi banyak orang.

16. Kepada cinta kasih Keluarga Besar Sidi Turunan Arif (Alm) & Siti Maryati (Almh), Keluarga Besar Atuk Tamrin (Alm) & Anyik Ruhaina. Apak sumbah-Ibu sumbah, Papah-Mamah, Abi-Tante, Paktut-Tut, Abi-Umi, Uwak, Papi-Ibu, Om-Lati dan Tut-Maktut. Terimakasih selama ini turut serta merawat dan mendidik penulis dengan penuh cinta dan kasih sayang. Tidak akan pernah hilang dari ingatan tentang goresan indah kehidupan yang kalian torehkan dalam tumbuh kembang hidup penulis.
17. Kepada cinta kasih Kakak dan Adik sepupu penulis, Wanatu Paido-Indahan Dewi, Tiara, Aisyah, Ulani, Tamara, Diah, Rahmad, Riski, Nurul, Zahra, Ramdhan, Bung Anja, Angi, Atu Sherly, Atin Shushan, Okta Sheila, Titah Shisi, Alsa, Aldi, Anggun, Andini, Alif, Akbar, Alea, Aya, Azka, Arkhan dan Adek Cia yang telah kebersamai kehidupan penulis.
18. Untuk Angga Ilham Ramadhan, atas segala bentuk perhatian, dukungan, motivasi, do'a serta nasihat yang telah diberikan kepada penulis. Terimakasih selalu ikhlas membantu segala keperluan penulis, setia meluangkan waktu untuk menjadi tempat dan pendengar yang baik bagi penulis sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan gelar sarjana ini. Terimakasih sudah bersedia selalu membantu dan meluangkan waktu disetiap hari penting penulis. Semoga Allah memberikan kelancaran bagimu dalam mengejar cita-cita, impian dan segala niat baik, Aamiin.
19. Sahabatku, Deswita Sari, Dinari Nurrahman, Lutfi Nur Umami, Meilani Indah Putri, Nabila Oktavia, yang telah kebersamai penulis sedari bangku Sekolah Menengah Pertama (SMP). Terimakasih atas dukungan, semangat, motivasi serta bantuan yang diberikan kepada penulis. Semangat mengejar cita-cita kita bersama.
20. Sahabatku, Andini Novita Sari, Fifi Fariqoh Farikatul Jannah, Mutia Sari yang telah kebersamai penulis sedari bangku Sekolah Menengah Atas (SMA). Terimakasih atas dukungan, semangat, motivasi serta bantuan yang diberikan kepada penulis. Semangat mengejar cita-cita kita bersama.

21. Sahabatku, M. Febriansyah, R. Fadly Bayu Dwiyoğa, Hudani Nadila, Mutiara Anggita, Nurshellah Apherta, Putri Lestari, Wulan Meri Susanti yang telah kebersamai penulis sedari awal masa perkuliahan. Terimakasih atas dukungan, semangat, motivasi serta bantuan yang diberikan kepada penulis. Semangat mengejar cita-cita kita bersama.
22. Sahabatku, Agung Setiawan yang telah kebersamai penulis di masa perkuliahan hingga penelitian. Terimakasih atas dukungan, semangat, motivasi serta bantuan yang diberikan kepada penulis. Semangat mengejar cita-cita kita bersama.
23. Teman-teman seperjuangan Kerja Praktik (KP), Hudani Nadila, Ulfiyatul Jannah, Rina Maryani yang telah kebersamai penulis dalam pelaksanaan kerja praktik di masa perkuliahan. Terimakasih atas bantuan, kebersamaan serta kerjasamanya. Semangat mengejar cita-cita kita bersama.
24. Teman-teman Kuliah Kerja Nyata (KKN) Desa Hanura, Kec. Teluk Pandan, Kab. Pesawaran, yang telah kebersamai dan memberikan pengalaman kepada penulis di masa perkuliahan.
25. Teman-teman seperjuangan Penelitian Kultur Jaringan (*Cassava Gengs*), Agung Setiawan, Dina Yulia Astuti, Nismala Bintang Pinasti, Gustiyana, Rezza Kusuma, Abellia Astary, Salma Nur Afifah, Lutfiah Yuniar, Enjel Septi Vebrina yang telah kebersamai penulis dalam penelitian ini. Terimakasih atas bantuan, kebersamaan serta kerjasamanya dalam melaksanakan penelitian. Semangat mengejar cita-cita kita bersama.
26. Teman-teman seperjuangan Jurusan Biologi Angkatan 2020, terimakasih atas bantuan, kebersamaan serta kerjasamanya selama masa perkuliahan.
27. Almamater Universitas Lampung, Tercinta. Terimakasih atas segala pengalaman serta ilmu yang telah ditorehkan untuk penulis. Meskipun qadarullah kita tidak berjodoh di Fakultas dan Jurusan itu, senang pernah menjadi bagian dari mahasiswa-mahasiswa yang beruntung dapat menimba ilmu disini.

28. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, yang ternyata menjadi jodoh bagi penulis untuk menimba ilmu. Terimakasih sudah menjadi jodoh yang baik dan memberikan banyak pengalaman serta ilmu yang sangat luar biasa banyak bagi penulis sebagai bekal menggapai impian di masa depan.
29. Untuk diri penulis sendiri, yang sudah mampu dan mau bertahan hingga detik ini melewati berbagai macam badai namun tetap memilih tegak dan kuat. Terimakasih Resya, sudah sangat hebat dan mampu menyelesaikan gelar Sarjana Sains (S. Si) ini dengan baik. Mari berjuang lebih keras lagi dimasa depan.

Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas bantuan selama berlangsungnya masa perkuliahan hinggaterselesaikannya penelitian serta skripsi ini. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi orang banyak.

Bandar Lampung, 28 Juni 2024

Penulis,

Resya Tamara Agustin

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
RIWAYAT HIDUP	vi
PERSEMBAHAN	vii
MOTTO	viii
SANWACANA	ix
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Kerangka Pikir.....	3
1.4 Hipotesis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Cassava (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	8
2.2 Klasifikasi Cassava (<i>Manihot esculenta</i> Crantz).....	6
2.3 Morfologi Cassava (<i>Manihot esculenta</i> Crantz).....	7
2.4 Syarat Tumbuh Tanaman Cassava (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	8

2.5	Asam Salisilat.....	10
2.6	Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	13
2.7	Ketahanan Terimbas (<i>Induced Resistance</i>)	16
2.8	Sel Epidermis	17
2.9	Stomata	17
III.	METODE PENELITIAN	20
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	20
3.3	Rancangan Penelitian	21
3.4	Bagan Alir Penelitian	22
3.5	Pelaksanaan Penelitian	24
3.5.1	Persiapan Media dan Penanaman Tanaman Cassava.....	24
3.5.2	Pembuatan Larutan Stok Asam Salisilat.....	24
3.5.3	Penyiraman Tanaman Cassava dengan Asam Salisilat.....	25
3.5.4	Inokulasi Tanaman Cassava Terhadap <i>Fusarium oxysporum</i>	25
3.5.5	Pengamatan	26
3.6	Analisis Data	27
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1	Indeks Stomata	28
4.2	Lignin Akar	33
V.	SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1	Simpulan.....	39
5.2	Saran.....	39
	DAFTAR PUSTAKA	40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Morfologi Tanaman Cassava.....	7
Gambar 2. Struktur Asam Salisilat.....	11
Gambar 3. Isolat <i>F. oxysporum</i> (A) umur 7 hari, (B) umur 4 minggu dalam medium PDA.....	14
Gambar 4. Bentuk Anatomi Permukaan Daun.....	18
Gambar 5. Tata Letak Satuan Penelitian.....	22
Gambar 6. Bagan Alir.....	23
Gambar 7. Stomata Daun Tanaman Cassava Perbesaran 400x.....	29
Gambar 8. Irisan melintang akar yang mengandung lignin perbesaran 40x.....	34

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Notasi Perlakuan dan Ulangan	21
Tabel 2. Hasil Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dan rata-rata indeks stomata daun	30
Tabel 3. Hasil Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dan rata-rata ketebalan lignin akar	36

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) atau biasa dikenal sebagai ketela pohon yang menjadi keamanan pangan, industri dan energi di dunia. Cassava merupakan tanaman dari keluarga Euphorbiaceae dan merupakan tanaman tahunan dari negara tropis dan subtropis. Cassava termasuk famili Euphorbiaceae yang umbinya dimanfaatkan sebagai sumber karbohidrat dan daunnya dikonsumsi sebagai sayuran. Akarnya menyediakan sumber karbohidrat bagi lebih dari 800 juta orang (Lidiasari, 2006).

Indonesia merupakan negara yang berpotensi besar dalam pengembangan tanaman cassava, karena cassava merupakan pohon tahunan tropika yang dapat ditanam sepanjang tahun. Sentra produksi cassava tersebar di 13 provinsi di Indonesia. Lima besar provinsi penghasil cassava diantaranya adalah Lampung, Jawa Tengah, Jawa Timur, Jawa Barat dan Daerah Istimewa Yogyakarta (Databoks, 2022). Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat bahwa produksi cassava sejak tahun 1993 sampai dengan tahun 2022 Provinsi Lampung merupakan yang paling besar dibandingkan Provinsi lain di Indonesia. Tercatat bahwa produksi cassava di Provinsi Lampung pada tahun 2022 sebanyak 6.719.088 Ton (BPS, 2023).

Petani masih sering mengalami kendala produksi dalam pembudidayaan cassava, salah satunya akibat penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum*. Oleh karena itu, perlu digunakan asam salisilat sebagai senyawa pengimbas ketahanan tanaman terhadap penyakit layu fusarium (Soelistijono, 2015). Alternatif cara dalam pengendalian penyakit yang efisien, yaitu menggunakan varietas yang resisten. Penggunaan varietas yang unggul terhadap *F.oxysporum*, merupakan salah satu alternatif pengendalian penyakit yang tidak berdampak negatif (Nurcahyani *et al.*, 2016a; Nurcahyani *et al.*, 2016b; Nurcahyani *et al.*, 2017; Nurcahyani *et al.*, 2019). Berdasarkan hal tersebut perlu dicari alternatif lain yaitu dengan suatu kultivar yang tahan penyakit, salah satunya dengan menggunakan agen pengendali penyakit yaitu asam salisilat.

Asam salisilat mempunyai peran penting dalam ketahanan tanaman yang terinduksi secara sistemik. Sinyal pertahanan tanaman yang berasal dari asam salisilat muncul ketika terjadi infeksi patogen. Senyawa tersebut akan terakumulasi ditempat terinfeksi tanaman yang menjadi inang oleh patogen (Hayat *et al.*, 2010). Asam salisilat dalam mematikan jamur dengan cara menghambat enzim hidrolisis yang dimiliki oleh patogen sehingga jamur tidak dapat menginfeksi tanaman (Semangun *et al.*, 2006). He *et al.*, (2002), menyatakan bahwa kandungan lignin akar *Asparagus officinals* yang resisten mengalami peningkatan setelah diinokulasi dengan *Fusarium oxysporum*. Hal ini menunjukkan bahwa planlet memberi tanggapan ketahanan melalui penambahan tebal lignin setelah diperlakukan dengan asam salisilat. Sistem ketahanan tanaman tergantung pada interaksi inang, patogen, dan lingkungan.

Sejauh ini penelitian mengenai analisis karakter anatomis tanaman cassava hasil induksi asam salisilat dengan konsentrasi 0 ppm, 80 ppm, 100 ppm, 120 ppm dan 140 ppm secara *in vivo* belum pernah dilakukan oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui karakter anatomis tanaman

cassava setelah dilakukan pengimbasan asam salisilat secara *in vivo* sehingga diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakter anatomis seperti sel epidermis dan stomata daun serta lignifikasi akar pada tanaman cassava hasil induksi asam salisilat.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh asam salisilat terhadap karakter anatomis daun dan akar pada tanaman cassava yang diinokulasi jamur *Fusarium oxysporum*.
2. Mengetahui konsentrasi asam salisilat yang optimal terhadap terhadap karakter anatomis daun dan akar pada tanaman cassava yang diinokulasi jamur *Fusarium oxysporum*.

1.3 Kerangka Pikir

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) merupakan tanaman yang banyak dibudidayakan di Indonesia, hal ini dikarenakan cassava merupakan salah satu bahan makanan pokok pengganti nasi. Akan tetapi dalam proses penanamannya sering kali terkendala oleh adanya serangan jamur patogen penyebab penyakit layu fusarium dan menyebabkan kualitas tanaman cassava menjadi lebih menurun termasuk pada karakter anatomisnya.

Pengendalian penyakit yang menyerang tanaman cassava umumnya dilakukan dengan menggunakan fungisida, tetapi penggunaan fungisida dapat berdampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Pengendalian yang aman dan tidak membahayakan lingkungan adalah pengendalian hayati. Pengendalian tersebut dilakukan dengan cara mengimbas asam salisilat pada tanaman cassava secara *in vivo* untuk meningkatkan ketahanan tanaman

cassava terhadap patogen serta meningkatkan kualitas tanaman cassava termasuk pada karakter anatomisnya.

Asam salisilat merupakan senyawa yang menjadi komponen penting dalam mengaktifkan gen ketahanan terhadap berbagai macam jamur, bakteri dan virus secara sistemik. Selain itu, asam salisilat secara eksogen dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Asam salisilat juga berperan sebagai zat pengatur pertumbuhan (hormon pertumbuhan tanaman) endogen yang bersifat fenolik yang terlibat di dalam beberapa proses fisiologi salah satunya konduktansi stomata, epidermis serta perlindungan tanaman dari beberapa stress (tekanan) dari lingkungan. Tanaman cassava yang diimbasi dengan asam salisilat diharapkan akan lebih resisten terhadap penyakit sehingga kualitas tanaman cassava menjadi lebih meningkat termasuk pada karakter anatomisnya.

1.4 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Asam salisilat berpengaruh terhadap karakter anatomis daun dan akar pada tanaman cassava yang diinokulasi jamur *Fusarium oxysporum*.
2. Konsentrasi asam salisilat yang optimal dapat berpengaruh terhadap karakter anatomis daun dan akar pada tanaman cassava yang diinokulasi jamur *Fusarium oxysporum*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)

Cassava yang termasuk dalam famili *Euphorbiaceae* merupakan tanaman yang sudah lama dikenal dan dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia. Hal tersebut terlihat dari daerah penyebar komoditas tersebut hampir diseluruh provinsi di Indonesia. Cassava sebagai sumber karbohidrat dan banyak dimanfaatkan untuk bahan pangan, pakan serta bahan baku industri (Hafzah, 2003). Sebanyak 2,5 milyar penduduk di Asia, Afrika dan Amerika Latin menggunakan umbi kayu sebagai bahan pangan, pakan dan sumber pendapatan (CGIAR, 2000).

Cassava merupakan produksi hasil pertanian pangan terbesar kedua setelah padi di Indonesia, sehingga cassava mempunyai potensi sebagai bahan baku yang penting bagi berbagai produk pangan dan industri. Sebagai makanan manusia, cassava mempunyai beberapa kekurangan diantaranya kadar protein dan vitamin yang rendah serta nilai gizi yang tidak seimbang. Beberapa jenis cassava mengandung racun HCN yang terasa pahit, dari dasar itulah lokal cassava dibagi menjadi cassava pahit dan cassava manis (Koswara, 2013). Cassava merupakan tanaman yang sangat tahan pada berbagai kondisi lingkungan bahkan ada pernyataan bahwa selama batang cassava menyentuh tanah maka dipastikan tunasnya akan tumbuh (Sarjiah dkk., 2016). Sentra lahan cassava di Indonesia dikuasai oleh Provinsi Lampung dengan luas lahan panen 366.830 ha pada tahun 2022. Produksi cassava di Lampung tercatat sebanyak 6.719.088 ton pada tahun 2022 (BPS, 2023).

2.2 Klasifikasi Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)

Cassava merupakan makanan pokok bagi penduduk di dunia, selain sebagai makanan pokok cassava juga digunakan sebagai bahan baku industri dan pakan ternak. Cassava termasuk dalam famili *Euphorbiaceae*. Cassava banyak mempunyai nama daerah, diantaranya ketela pohon, umbi kayu, pohung, kasbi, sepe, boled, budin (Jawa), sampeu (Sunda), kaspe (Papua), Cassava (Inggris), tapioca plant (Pilipina) Kamoteng kahoy dan sebagainya (Sarjana, 2010).

Klasifikasi tanaman cassava menurut sistem klasifikasi Cronquist (1981) dan APG (*Angiosperm Phylogeny Group*) II (2003), sebagai berikut.

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Magnoliophyta
Classis	: Magnoliopsida
Ordo	: Malpighiales
Familia	: Euphorbiaceae
Genus	: <i>Manihot</i>
Species	: <i>Manihot esculenta</i> Crantz

Cassava merupakan salah satu tanaman yang tersebar luas di Indonesia yang sudah banyak dibudidayakan di berbagai negara di dunia. Karena permintaan terhadap cassava terus meningkat setiap tahunnya, baik karena penambahan jumlah penduduk, pesatnya perkembangan industri pangan dan nonpangan. Tanaman cassava dapat hidup pada tanah yang kurang subur hanya memerlukan tanah yang cukup gembur sehingga hasilnya memuaskan. Oleh karena itu, cassava merupakan jenis umbu-umbian daerah tropis yang merupakan sumber energi paling murah (Gardjito dkk., 2013).

2.3 Morfologi Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)

Cassava atau yang biasa disebut umbi kayu merupakan tanaman yang mudah sekali dibudidayakan, bahkan di tanah yang marjinal tanaman ini dapat hidup dan memberikan hasil. Selain itu kandungan karbohidrat yang berasal dari umbi kayu sangat tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai pengganti beras. Menurut Subandi (2009), batang tanaman cassava berbentuk bulat diameter 2,5-4 cm, berkayu beruas-ruas dan panjang. Ketinggiannya dapat mencapai 1-4 meter. Warna batang bervariasi tergantung kulit luar, tetapi batang yang masih muda pada umumnya berwarna hijau dan pada saat tua berubah keputih-putihan, kelabu, hijau kelabu atau coklat kelabu. Empulur batang berwarna putih, lunak, dan strukturnya empuk seperti gabus. Cassava memiliki sistem perakaran tunggang atau dikotil. Batang cassava bulat dan bergerigi yang disebabkan dari bekas pangkal tangkai daun, bagian tengahnya bergabus dan termasuk tumbuhan tingkat tinggi. Gambar Tanaman Cassava disajikan dalam

Gambar 1.



Gambar 1. Morfologi Tanaman Cassava
(Dokumentasi Pribadi dari Agustin, 2023)

Keterangan :

- A = Cassava setelah berumur 30 hari
- B = Daun cassava
- C = Batang cassava
- D = Akar cassava

Daun cassava memiliki tangkai panjang, helaian daunnya menyerupai telapak tangan, tiap tangkai mempunyai daun sekitar 3-8 lembar, tepi daun rata, dan susunan tulang daunnya menjari (Bargumono, 2012). Umbi cassava yang terbentuk merupakan akar yang berubah bentuk dan fungsinya sebagai tempat penyimpanan makanan cadangan. Umbi cassava berbentuk bulat memanjang dan tiap tanaman menghasilkan 5-10 buah. Bagian umbi dibedakan menjadi tangkai, umbi, dan bagian ekor pada bagian ujung umbi. Tangkai ujung bervariasi dari sangat pendek (< 1 cm) hingga panjang (> 6 cm). Bentuk umbi beragam mulai agak gemuk membulat, lonjong, pendek hingga memanjang. Bagian dalam umbi cassava berwarna putih atau kekuning-kuningan (Saleh dkk., 2016).

2.4 Syarat Tumbuh Tanaman Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)

Iklm menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan suatu usaha budidaya tanaman. Keterkaitan antara iklim sebagai faktor lingkungan berpengaruh terhadap kuantitas dan kualitas pertumbuhan tanaman. Terjadinya iklim ekstrim berdampak besar terhadap tanaman semusim, terutama tanaman cassava. Unsur iklim yang berpengaruh terhadap pertumbuhan cassava diantaranya curah hujan, suhu, kelembapan dan intensitas cahaya. Curah hujan merupakan unsur iklim yang fluktuasinya tinggi. Jumlah curah hujan secara keseluruhan sangat penting dalam menentukan hasil tanaman cassava (Anwar *et al.*, 2015).

Saat tanaman cassava berumur 1-3 bulan, membutuhkan 150-200 mm, ketika tanaman berumur 4-7 bulan memerlukan curah hujan 250-300 mm, dan saat menjelang panen cassava memerlukan curah hujan 100-150 mm (Saleh dkk., 2016). Lamanya fotoperiode menentukan pembentukan umbi, karena dengan perlakuan gelap dan terang yang berbeda dapat mempengaruhi serta memacu awal pembentukan umbi. Tanaman akan membentuk karbohidrat sebanyak-banyaknya pada periode terang melalui

proses fotosintesis, sedangkan pada periode gelap akan mempengaruhi jumlah karbohidrat yang dipergunakan untuk respirasi (Sarjana, 2010).

Menurut Pemmy dkk. (2015) pada tanaman *Iris potatoes* ternyata tidak akan membentuk umbi selama fotoperiode yang panjang, namun dalam kondisi alamiah pada akhir musim panas akan mampu membentuk umbi apabila tanaman tersebut diberi perlakuan dengan intensitas cahaya rendah sebesar 3 ftc- 5 ftc. Sarjana (2010) menyatakan bahwa pembentukan umbi pada tanaman *Solanum andigena* sangat tergantung pada intensitas cahaya matahari yang diterima oleh tanaman tersebut. Tanaman cassava dalam pembentukan umbi sangat membutuhkan hara P dan K yang cukup. Serapan hara P dan K yang cukup oleh tanaman berfungsi untuk meningkatkan bobot umbi, meningkatkan kadar pati dan menurunkan kandungan HCN dalam umbi. Tanaman yang kekurangan hara P, selain akan mengganggu proses metabolisme dalam tanaman juga menghambat seperti hara-hara yang lain termasuk hara K serta menghambat proses pembentukan umbi. Hal ini menunjukkan bahwa pupuk P sangat berperan dalam meningkatkan jumlah umbi, karena hara P sangat diperlukan dalam pembentukan akar tanaman, akar juga berfungsi sebagai penyerap unsur hara bagi tanaman.

Peranan fosfat di dalam proses fisiologi tanaman merupakan penyedia energi yang diperlukan untuk proses metabolisme dan reaksi biosintesis. Berbeda dengan fosfat, unsur kalium memegang peranan penting di dalam metabolisme tanaman antara lain terlibat langsung dalam proses fisiologis tanaman (Farhad *et al.*, 2010). Keterlibatan tersebut dikelompokkan dalam dua aspek, yaitu: 1) aspek biofisik, di mana kalium berperan dalam pengendalian tekanan osmotik, turgor sel, stabilitas pH dan pengaturan air melalui kontrol stomata; dan 2) aspek biokimia, kalium berperan dalam aktivitas enzim pada sintesis karbohidrat dan protein, serta meningkatkan translokasi fotosintat dari daun (Fageria *et al.*, 2009).

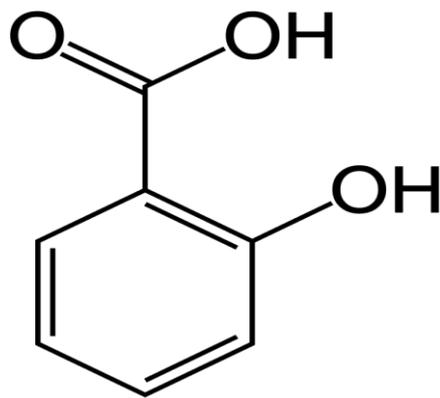
Menurut Pratama (2020) suhu udara minimal bagi tumbuhnya cassava sekitar 10°C, apabila suhu di bawah 10°C menyebabkan pertumbuhan tanaman sedikit terhambat, sehingga menjadi kerdil karena pertumbuhan bunga yang kurang sempurna. Kelembapan udara optimal untuk tanaman cassava antara 60-65%. Tanah yang paling sesuai untuk cassava yaitu tanah yang berstruktur remah, gembur, tidak terlalu liat dan tidak terlalu porus serta kaya bahan organik. Tanah dengan struktur remah mempunyai tata udara yang baik, unsur hara lebih mudah tersedia dan mudah diolah. Cassava dapat tumbuh subur apabila tanah kaya bahan organik baik unsur makro maupun mikronya. Jenis tanah yang sesuai untuk tanaman cassava adalah jenis aluvial latosol, podsolik merah kuning, mediteran, grumosol dan andosol.

Derajat keasaman (pH) tanah yang sesuai untuk budidaya cassava berkisar antara 4,5-8,0 dengan pH ideal 5,8. Tanah di Indonesia pada umumnya ber-pH rendah (asam), yaitu berkisar 4,0-5,5, sehingga seringkali dikatakan cukup netral bagi suburnya tanaman cassava. Ketinggian tempat yang baik dan ideal untuk tanaman cassava antara 10-700 mdpl, sedangkan toleransinya antara 10-500 mdpl (Saleh dkk., 2016).

2.5 Asam Salisilat

Asam salisilat merupakan hormon tanaman yang menghasilkan senyawa fenolik dan hormon tanaman endogen potensial yang memainkan peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Peran asam salisilat secara intensif dipelajari dalam respon tanaman terhadap cekaman biotik. Beberapa metode aplikasi (merendam benih sebelum tanam, irigasi, atau penyemprotan dengan larutan asam salisilat) telah dilakukan untuk melindungi berbagai spesies tanaman terhadap stress abiotik dengan menginduksi berbagai proses yang terlibat dalam mekanisme toleransi stres (Horvath *et al.*, 2007).

Asam salisilat mempunyai peran penting dalam ketahanan tanaman yang terinduksi secara sistemik. Sinyal pertahanan tanaman yang berasal dari asam salisilat muncul ketika terjadi infeksi patogen. Senyawa tersebut akan terakumulasi ditempat terinfeksi tanaman yang menjadi inang oleh patogen (Hayat *et al.*, 2010). Asam salisilat dalam mematikan jamur dengan cara menghambat enzim hidrolisis yang dimiliki oleh patogen sehingga jamur tidak dapat menginfeksi tanaman (Semangun *et al.*, 2006). Asam salisilat juga dapat mengubah ukuran stomata menjadi lebih besar. Perubahan karakter ini juga dapat menjadikan tanaman tahan terhadap layu fusarium (Putri, 2017). Asam salisilat memiliki struktur bangun kimia seperti yang disajikan pada **Gambar 2** berikut.



Gambar 2. Struktur Asam Salisilat
(Sumber : NCBI, 2021)

Bidabadi *et al.* (2012) menyatakan bahwa penggunaan asam salisilat dapat memperbaiki ketahanan plantlet pisang terhadap kondisi cekaman kekeringan. Penggunaan asam salisilat pada medium tanpa PEG memberikan efek pada peningkatan klorofil secara signifikan, sedangkan penggunaan asam salisilat pada medium PEG level 3% memberikan efek terhadap peningkatan kandungan klorofil dan kandungan prolin.

Peningkatan pertumbuhan dan toleransi tanaman terhadap gangguan biotik

dan abiotik juga dapat dilakukan dengan pemberian asam salisilat. Asam salisilat berperan sebagai zat pengatur pertumbuhan (hormon pertumbuhan tanaman) endogen yang bersifat fenolik yang terlibat di dalam beberapa proses fisiologi seperti perkecambahan, pematangan buah, pembungan, fotosintesis, konduktansi stomata, kloroplas, ketahanan hama dan penyakit serta perlindungan tanaman dari beberapa stress (tekanan) dari lingkungan (Juwanda dkk., 2016).

Khodary (2004) menyatakan bahwa asam salisilat meningkatkan berat basah pada kecambah jagung. Peningkatan berat basah disebabkan oleh meningkatnya pembelahan sel dalam meristem apikal tunas dan akar yang menyebabkan meningkatnya pertumbuhan tanaman sehingga berdampak kepadaberat segar. Perlakuan asam salisilat dapat memicu aktifitas IAA dan sitokinin sehingga meningkatkan pembelahan sel (Sakhabudinova *et al.*, 2003). Pengaruh konsentrasi asam salisilat terhadap berat basah kecambah padi gogo varietas situ bagendit sangat bergantung pada lama perendaman benih padi gogo dalam larutan asam salisilat. Perendaman benih padi gogo selama 24 jam meningkatkan berat segar kecambah pada kedua konsentrasi asam salisilat, namun perendaman benih padi gogo selama 12 jam peningkatan berat segar kecambah hanya terjadi pada konsentrasi asam salisilat 50 mg/l, sedangkan pada konsentrasi 100 mg/l berat segar mengalami penurunan.

Rehman *et al.* (2011) menyatakan bahwa perlakuan asam salisilat dengan konsentrasi 50 mg/l dan 100 mg/l mengakibatkan peningkatan berat kering. Berat kering kecambah benih padi yang direndam selama 12 jam dalam larutan asam salisilat 50 mg/l lebih tinggi daripada berat kering benih padi yang direndam selama 24 jam dalam larutan dan konsentrasi yang sama, tetapi pada konsentrasi asam salisilat 100 mg/l tidak ada perbedaan pengaruh antara lama perendaman 12 jam dan 24 jam. Berat kering kecambah relatif sama pada kedua lama perendaman.

2.6 Jamur *Fusarium oxysporum*

Jamur *F. oxysporum* adalah salah satu jenis patogen tular tanah yang mematikan, karena patogen ini mempunyai strain yang dapat dorman selama 30 tahun sebelum melanjutkan virulensi dan menginfeksi tanaman. Layu fusarium disebabkan oleh cendawan jenis *F.oxysporum*. Cendawan *F. oxysporum* membentuk polipeptida yang disebut likomarasmin yaitu suatu toksin yang mengganggu permeabilitas membran plasma tanaman. *F. oxysporum* juga membentuk senyawa yang lebih sederhana, yaitu asam fusarat dan menghasilkan enzim pektolitik, terutama pektinmetilesterase (PME) dan depolimerase (DP) (Mukarlina dkk., 2010).

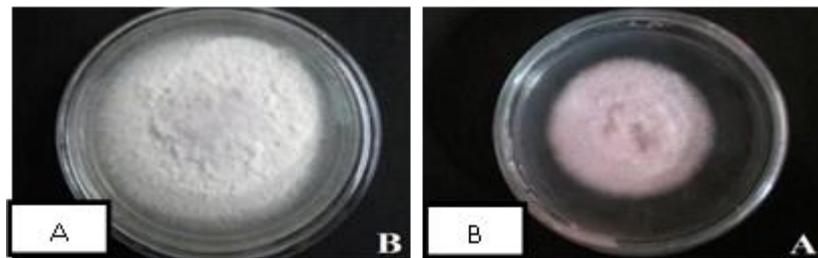
Menurut Alexopoulus *et al.* (1996) dan Hibbet *et al.* (2007) klasifikasi jamur *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu pada tanaman sebagai berikut.

Kingdom : Fungi
Divisio : Ascomycota
Classis : Sordariomycetes
Ordo : Hypocreales
Familia : Netriaceae
Genus : *Fusarium*
Species : *Fusarium oxysporum*

F. oxysporum mempunyai ukuran tubuh yang sangat kecil dan hidupnya bersifat parasitoid yaitu organisme yang bergantung pada organisme lain serta didukung oleh suhu tanah yang hangat dan kelembapan tanah yang rendah sekali. Populasi akan meningkat jika di tempat yang sama ditanam tanaman yang merupakan inangnya serta jamur ini menginfeksi tanaman melalui jaringan meristem pada ujung akar (Pracaya, 2007).

Tanaman yang terinfeksi jamur *F. oxysporum* akan menunjukkan gejala layu dan mati. *F. oxysporum* dapat menyebabkan kematian pada tanaman karena menjadi parasit bagi tanaman inangnya, terlebih *F. oxysporum* tumbuh pada bagian pembuluh tanaman. Sehingga jaringan pembuluh tersumbat karena suatu toksin yang menyebabkan tanaman mati (Sastrahidayat, 2011). Jamur *F. oxysporum* merupakan jamur tanah yang sulit dikendalikan karena adanya spora klamidospora yang dapat tahan hidup lama dalam tanah tanpa adanya inang.

Isolat jamur *Fusarium oxysporum* disajikan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Isolat *F. oxysporum* (A) umur 7 hari, (B) umur 4 minggu dalam medium PDA
(Sumber : Dokumentasi milik Nurcahyani,2023)

Layu fusarium merupakan salah satu penyakit yang paling merugikan di daerah tropis. *F. oxysporum* mempunyai tiga tipe spora yaitu Makrokonidium lebih sering dihasilkan dalam sporodokium pada permukaan bagian tanaman yang terinfeksi atau pada medium buatan. Mikrokonidium yang berbentuk oval atau lonjong terdapat pada konidiofor yang pendek pada miselium udara. Makrokonidium dan mikrokonidium keduanya dapat juga terbentuk dalam pembuluh xilem dari tanaman yang terinfeksi, tetapi mikrokonidium biasanya merupakan tipe yang lebih dominan. Klamidospora merupakan spora aseksual yang berdinding tebal dihasilkan pada hifa atau konidium *F. oxysporum* biasanya terbentuk pada makrokonidium. Klamidospora dapat bertahan lama dalam tanah bekas tanaman inang yang sudah mati meskipun tanpa tanaman inang yang cocok (Kristiawati dkk., 2014).

Serangan awal layu fusarium ditandai dengan busuk di bagian batang yang dekat dengan permukaan tanah. Selanjutnya, kebusukan akan menjalar hingga ke akar. Akibatnya, tanaman akan layu dan kekeringan di bagian ranting dan pada akhirnya menyebabkan tanaman rebah (Hamid dan Haryanto, 2011). Jamur tanah *F. oxysporum* pada umumnya termasuk parasit lemah, mampu hidup secara saprofit fakultatif pada saat tidak ada tanaman inang. Sisa-sisa tanaman penyakit yang tertinggal di tanah setelah panen cassava adalah sumber penularan utama penyakit busuk akar atau umbi di lapangan. Infeksinya pada cassava terutama diawali pada organ tanaman didalam ataupun dekat permukaan tanah meliputi pangkal batang, akar dan umbi. Jamur masuk ke dalam jaringan tanaman melalui beberapa cara diantaranya melalui luka-luka akibat pemakaian alat-alat pertanian, luka oleh serangan hama, dan luka alamiah yang terbentuk pada proses pertumbuhan akar (Hardi, 2015).

Menurut Nurcahyani (2022) dalam penelitiannya gejala serangan *F. oxysporum* dimulai dengan tulang-tulang daun sebelah atas menjadi pucat, tangkai daun merunduk dan tanaman menjadi layu. Layu total dapat terjadi antara 2-3 minggu setelah terinfeksi. Tandanya dapat dilihat pada jaringan angkut tanaman yang berubah warna menjadi kuning atau coklat. Penyakit ini dapat bertahan di tanah untuk jangka waktu lama dan bisa berpindah dari satu lahan ke lahan lain melalui mesin-mesin pertanian, seresah daun yang telah terserang, maupun air irigasi. Suhu tanah yang tinggi sangat sesuai untuk perkembangan penyakit ini.

Ambar dkk. (2010) menyatakan bahwa ciri-ciri gejala penyakit fusarium yaitu: gejala layu fusarium berupa kelayuan, pertama kali tampak pada daun, terutama daun bagian bawah, kelayuan tersebut berlanjut sampai seluruh daun layu dan akhirnya mati. Kadang-kadang kelayuan didahului dengan menguningnya daun, tanaman kerdil, dan merana pertumbuhannya.

2.7 Ketahanan Terimbas (*Induced Resistance*)

Pengendalian penyakit secara hayati dapat melalui interaksi antara populasi patogen dan agens hayati baik secara langsung maupun tidak langsung. Interaksi langsung apabila agens hayati mampu mereduksi populasi patogen melalui parasitisme, antibiosis atau kompetisi. Interaksi tidak langsung apabila agens hayati berinteraksi dengan patogen di dalam tubuh inangnya. Interaksi tidak langsung tersebut yang menyebabkan ketahanan terimbas. Ketahanan terimbas bersifat tidak spesifik terhadap jenis patogen, sehingga dapat lebih efisien dalam pelaksanaannya (Nurchayani, 2022).

Ketahanan terimbas merupakan proses pertahanan alami pada tanaman mulai aktif seperti peningkatan aktivitas enzim peroksidase, penambahan sel lignin, produksi fitoaleksin dan meningkatkan kandungan klorofil yang bertujuan untuk pertahanan tanaman terhadap patogen. Reaksi yang terjadi didalam suatu jaringan dapat menghasilkan senyawa yang bersifat toksin terhadap patogen dan menghambat pertumbuhan patogen pada tanaman. Ketahanan terimbas adalah salah satu pengendalian terhadap patogen dengan bantuan agen biologis yang non virulen sehingga terjadi peningkatan ketahanan pada patogen utama (Agrios, 2005).

Ketahanan terimbas dapat diartikan sebagai ketahanan sistemik karena bentuk ketahanan pada tanaman yang ditingkatkan tidak hanya pada bagian tanaman yang terinfeksi patogen tetapi pada jaringan yang tidak terinfeksi dan tempatnya terpisah juga ditingkatkan (Soesanto, 2008). Respon tanaman terhadap patogen dengan jaringan tumbuhan yang telah terinfeksi akan melewati mekanisme resistensi spesifik dengan cara peningkatan ligan patogen ke dalam reseptor yang spesifik, peningkatan tersebut bertujuan untuk memicu jalur transduksi sinyal untuk menghasilkan respon hipersensitif (Campbell *et al.*, 2003).

Induksi ketahanan sistemik dapat memicu kondisi fisiologis yang merangsang pertahanan alami dan ketahanan tanaman dengan penggunaan bahan penguatkan eksternal. Bahan penguatkan eksternal dapat berupa kompos, sinar ultraviolet, bahan kimia toksin dan tak toksin dan agensi yang lain (Agrios, 2005). Senyawa-senyawa yang berperan pada aplikasi agen penginduksi seperti asam salisilat, kitines, proksidase dan β -1,4 glukosidase. Peran-peran senyawa tersebut ditandai dengan meningkatnya kadar dan aktivitasnya (Soesanto, 2008).

2.8 Sel Epidermis

Sel epidermis merupakan lapisan terluar pada permukaan daun dan berfungsi sebagai pelindung bagian dalam organ tumbuhan. Pada dinding terluar terdapat bahan lemak dan kutikula yang menjadikannya kompak dan keras, sehingga dapat dianggap sebagai penyokong mekanis. Epidermis berasal dari jaringan meristematik yaitu protoderm yang dapat berkembang dan mengalami modifikasi seperti stomata dan trikoma (Rompas dkk., 2011).

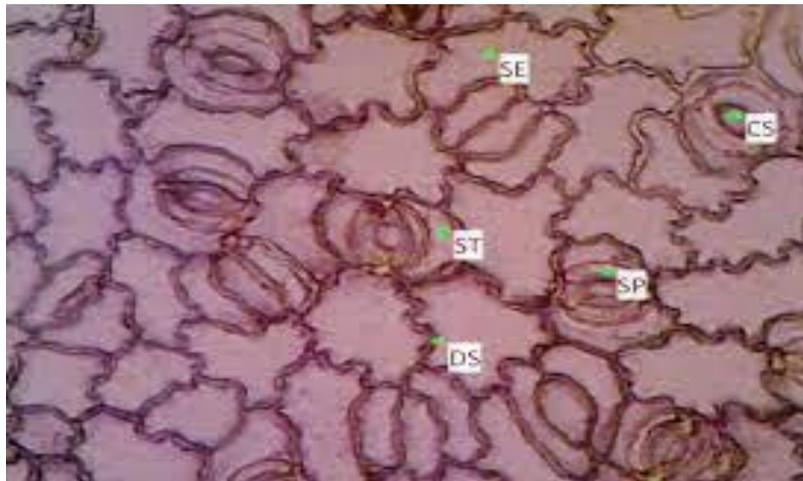
Sel epidermis pada tanaman cassava hampir sama dengan tanaman lainnya yaitu berbentuk segi lima, segi enam, bahkan ada yang bentuknya tak beraturan dan hanya terdiri dari selapis sel. Susunan sel epidermis ini tidak beraturan satu sama lain. Letak epidermis sangat rapat sehingga tidak terdapat ruang-ruang antar sel (*non intercellular spaces*), kecuali pada bagian tulang daun tengah terdapat sel-sel epidermis yang membesar dan meninggi, disebut sel kipas (Angraeni, 2020).

2.9 Stomata

Stomata merupakan pori mikroskopis pada permukaan daun. Stomata berbentuk seperti celah atau lubang-lubang kecil yang dikelilingi oleh sel epidermis yang dibatasi oleh sel epidermis yang khusus yakni sel penutup.

Sel penutup terdiri dari sepasang sel yang kelihatannya simetris, umumnya berbentuk ginjal, pada dinding sel atas dan bawah tampak adanya alat yang berbentuk birai (*ledges*), terkadang birai tersebut hanya terdapat pada dinding sel bagian atas. Adapun fungsi birai pada dinding sel bagian atas adalah sebagai pembatas ruang depan (*front cavity*) di atas porusnya sedangkan pembatas ruang belakang (*basic cavity*) antara porus dengan ruang udara yang terdapat dibawahnya (Ardyanto dkk., 2014).

Stomata pada umumnya diapit oleh sepasang sel penjaga. Sel penjaga ini dapat mengontrol diameter stomata dengan cara mengubah bentuknya, sehingga perubahan ini dapat menyempitkan atau dapat melebarkan celah diantara sepasang sel penjaga tersebut (Campbell *et al.*, 2008). Menurut Rompas dkk.(2011) stomata dikelilingi oleh 4-5 sel tetangga dengan masing-masing memiliki sebuah sel penutup dan berbentuk seperti ginjal. Bentuk sel epidermis dan stomata daun dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Bentuk Anatomi Permukaan Daun
(Sumber : Oktarin dkk., 2017)

Keterangan :

- ST = Sel Tetangga
- SE = Sel Epidermis
- CS = Celah Stomata
- SP = Sel Penutup
- DS = Dinding Sel

Kerapatan stomata memiliki hubungan erat dengan metabolisme ataupun fisiologis tumbuhan. Kerapatan stomata pada setiap tumbuhan berbeda bergantung pada kondisi lingkungan dari tumbuhan itu sendiri karena digunakan untuk mempertahankan fungsi fisiologisnya, misalnya fotosintesis, respirasi dan transpirasi pada daun. Peristiwa ini menunjukkan bahwa kerapatan stomata merupakan faktor genetik. Fenotipnya dipengaruhi oleh lingkungan. Kerapatan stomata pada bagian permukaan bawah lebih tinggi dibandingkan bagian permukaan atas. Semakin tinggi kerapatan suatu tanaman maka semakin tinggi pula kemampuan tanaman tersebut dalam menyerap logam berat ataupun partikel udara (Juairiah, 2014).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2023 sampai Desember 2023 di Laboratorium Botani dan Rumah Kasa, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *autoclave*, *Laminar Air Flow Cabinet* (LAF), botol kultur berukuran 250 mL, cawan petri berdiameter 10 cm, aluminium foil, kertas saring, pipet tetes, tabung reaksi, rak tabung reaksi, *hot plate*, neraca analitik, *tissue*, *shaker*, *coverglass*, *obyek glass*, mikroskop, kertas label, erlenmayer 300 mL, labu ukur 100 ml, gelas ukur 10 ml dan 100 ml, beaker glass 50 ml dan 125 ml, jarum ose, *haemositometer*, mikrometer okuler, kain kasa, kapas, batang pengaduk, cutter/silet, pinset, sarung tangan, bunsen, corong, polybag, *optilab* dan kamera handphone.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) yang didapatkan dari petani cassava Desa Srimenganten, Pulau Panggung, Kab. Tanggamus, Prov. Lampung, Indonesia. Tanah, akuades, asam salisilat, safranin 1% dan alkohol 70%.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor, yaitu penambahan asam salisilat yang dibagi 5 taraf konsentrasi yaitu 0 ppm, 80 ppm, 100 ppm, 120 ppm, 140 ppm. Masing-masing dari konsentrasi tersebut dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali, dan pada setiap ulangan terdiri dari 1 tanaman cassava dalam setiap *polybag*. Parameter yang diuji yaitu karakter anatomis (indeks stomata daun serta ketebalan lignin akar). Notasi perlakuan dan ulangan disajikan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Notasi Perlakuan dan Ulangan

Ulangan	Konsentrasi asam salisilat (ppm)				
	0	80	100	120	140
1	K1U1	K2U1	K3U1	K4U1	K5U1
2	K1U2	K2U2	K3U2	K4U2	K5U2
3	K1U3	K2U3	K3U3	K4U3	K5U3
4	K1U4	K2U4	K3U4	K4U4	K5U4
5	K1U5	K2U5	K3U5	K4U5	K5U5

Keterangan:

K1	= Konsentrasi 0 ppm (Kontrol)
K2	= Konsentrasi 80 ppm
K3	= Konsentrasi 100 ppm
K4	= Konsentrasi 120 ppm
K5	= Konsentrasi 140 ppm
U1–U5	= Ulangan 1– ulangan 5

Tata letak penelitian setelah pengacakan disajikan pada **Gambar 5**.

K5U5	K4U4	K3U3	K5U3	K1U1
K3U2	K1U2	K4U2	K3U4	K4U5
K2U1	K3U1	K5U4	K1U3	K2U4
K3U5	K4U3	K1U5	K2U2	K1U4
K4U1	K5U2	K2U5	K5U1	K2U3

Gambar 5. Tata Letak Satuan Penelitian

Keterangan :

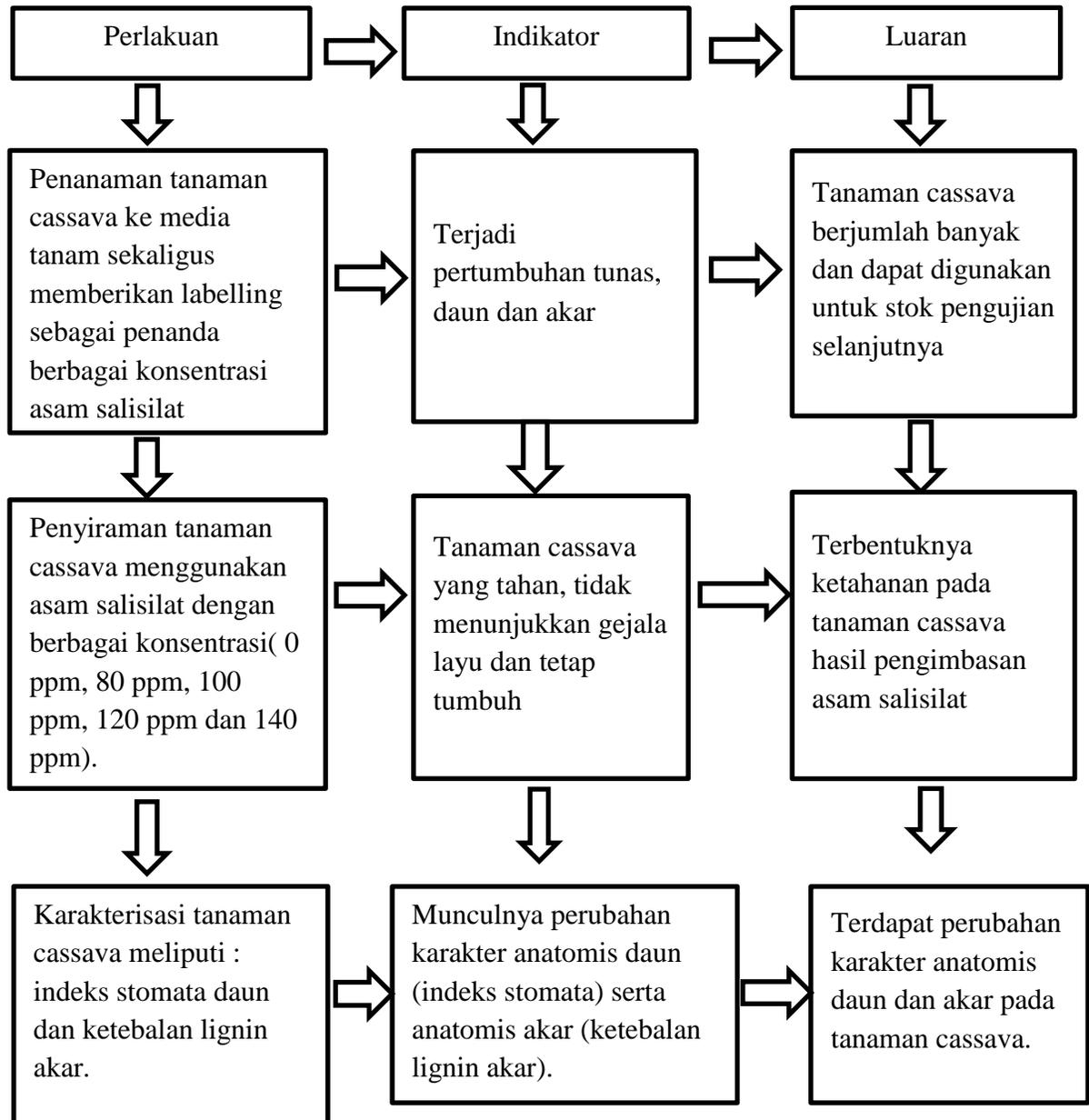
K1	= Konsentrasi 0 ppm (Kontrol)
K2	= Konsentrasi 80 ppm
K3	= Konsentrasi 100 ppm
K4	= Konsentrasi 120 ppm
K5	= Konsentrasi 140 ppm
U1-U5	= Ulangan 1– ulangan 5

3.4 Bagan Alir Penelitian

Beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Persiapan media tanam dilakukan dengan cara memasukkan tanah kompos kedalam *polybag*
2. Penanaman tanaman cassava ke dalam *polybag* yang telah berisi media tanam
3. Penyiraman asam salisilat ke tanaman cassava pada berbagai konsentrasi
4. Inokulasi jamur *Fusarium oxysporum* ke tanaman cassava yang telah diberi asam salisilat dengan cara melukai kulit bagian pangkal batang tanaman cassava dan dilakukan penyiraman jamur *Fusarium oxysporum* sebanyak 2 ml ke bagian luka
5. Analisis karakter anatomis daun dan akar tanaman cassava.

Tahap penelitian disajikan dalam bentuk bagan alir seperti yang tersedia sebagai berikut.



Gambar 6. Bagan Alir

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian meliputi beberapa langkah sebagai berikut.

3.5.1 Persiapan Media dan Penanaman Tanaman Cassava

Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini adalah media tanah kompos. Sebanyak 4 karung tanah yang sudah berisi pupuk kompos dimasukkan kedalam 25 *polybag* dan diberi label sesuai dengan konsentrasi dan pengulangan, selanjutnya bibit cassava ditanam pada setiap *polybag*. Penyiraman rutin dilakukan 3 hari sekali yaitu hari senin, rabu dan jumat sebelum dilakukannya penyiraman asam salisilat terhadap tanaman cassava.

3.5.2 Pembuatan Larutan Stok Asam Salisilat

Asam salisilat yang digunakan pada penelitian ini yaitu 5 taraf konsentrasi meliputi 0 ppm, 80 ppm, 100 ppm, 120 ppm dan 140 ppm. Larutan dibuat dengan cara menimbang sebanyak 0,04 gram asam salisilat dimasukkan ke dalam labu ukur 500 ml dan dilarutkan dengan aquades sampai tanda batas, kemudian dihomogenkan dan diperoleh larutan dengan konsentrasi 80 ppm, kemudian untuk konsentrasi 100 ppm, 120 ppm dan 140 ppm diambil secara berturut-turut sebanyak 0,05 , 0,06 dan 0,07 gram asam salisilat dimasukkan ke dalam labu ukur 500 ml dan dilarutkan dengan aquades sampai tanda batas.

Asam salisilat yang sudah dibuat dengan konsentrasi 0 ppm sebagai kontrol 80 ppm, 100 ppm, 120 ppm dan 140 ppm digunakan untuk

penyiraman tanaman cassava yang berumur 30 hari setelah penanaman (Endang Nurcahyani, Komunikasi Pribadi).

3.5.3 Penyiraman Tanaman Cassava dengan Asam Salisilat

Setelah tanaman berumur 30 hari setelah tanam, selanjutnya dilakukan penyiraman asam salisilat terhadap tanaman cassava. Pengimbasan asam salisilat diberikan sebanyak 50ml untuk setiap *polybag* pada bagian ujung daun dan batang tanaman pada setiap perlakuan 80 ppm, 100 ppm, 120 ppm dan 140 ppm, kecuali kontrol. Hal ini dilakukan untuk melihat sekaligus membandingkan tingkat ketahanan terimbas pada tanaman cassava setelah disiram dengan asam salisilat sehingga diperoleh tanaman yang tahan jamur fusarium.

3.5.4 Inokulasi Tanaman Cassava Terhadap *Fusarium oxysporum*

Setelah tanaman berumur 44 hari setelah tanam dan 14 hari setelah diimbas asam salisilat, selanjutnya dilakukan inokulasi jamur *Fusarium oxysporum* pada tanaman cassava secara *in vivo* dengan menggunakan teknik Nurcahyani (2023). Menurut Herlinda dkk. (2006) sebelum mendapatkan kerapatan spora $1,7 \times 10^5$ per ml, jamur *F. oxysporum* dibiakkan terlebih dahulu dari medium PDA. Spora diambil dengan menggunakan jarum ose, kemudian dilarutkan ke dalam aquades dalam tabung reaksi steril (ukuran 10 ml) dan dikocok dengan shaker (kecepatan 470 osilasi/menit) hingga tercampur merata selama ± 10 menit lalu dilakukan pengenceran sehingga didapat suspensi dengan kerapatan spora $1,7 \times 10^5$ per ml.

Mikrokonidium jamur *Fusarium oxysporum* dengan kerapatan spora $1,7 \times 10^5$ per ml diteteskan sebanyak 1-2 mL pada luka yang sudah

dibuat dibagian pangkal batang tanaman cassava yang berumur 44 hari setelah tanam (Endang Nurcahyani, Komunikasi Pribadi).

3.5.5 Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada tanaman cassava yang berumur 74 hari setelah tanam dan 30 hari setelah diinokulasi jamur *F.oxysporum* untuk mengetahui konsentrasi asam salisilat yang dapat membuat tanaman toleran terhadap jamur *F. oxysporum* untuk seleksi tanaman cassava dengan parameter sebagai berikut.

1. Analisis Indeks Stomata Daun

Pembuatan preparat stomata pada daun tanaman cassava dilakukan pada tanaman cassava yang berumur 74 hari setelah tanam dan 30 hari setelah diinduksijamur *Fusarium oxysporum* dengan menggunakan metode Dorly (1989) dengan cara daun tanaman cassava setiap perlakuan difiksasi menggunakan alkohol 70% lalu dikerik pada bagian atas daun menggunakan silet tajam sampai diperoleh satu lapisan tipis. Klorofil - klorofil yang masih tersisa dibersihkan dengan aquades, selanjutnya diwarnai dengan pewarnaan safranin 1% dalam aquades dan ditaruh diatas gelas objek kemudian ditutup dengan gelas penutup. Preparat yang telah siap diamati dibawah mikroskop pada perbesaran 400x dengan cara dihitung sel epidermis dan stomata daun pada 3 bagian daerah yang berlainan kemudian diambil nilai rata-ratanya dan hasil preparat dipotret dengan *optilab*.

Karakter yang diamati adalah jumlah epidermis, jumlah stomata dan indeks stomata daun bagian bawah. Seluruh stomata dan sel

epidermis yang tampak pada perbesaran 400x diamati kemudian dihitung indeks stomata menggunakan rumus Mahesa (2014) :

$$\text{Indeks Stomata} = \frac{\text{jumlah stomata}}{\text{jumlah stomata} + \text{jumlah epidermis}} \times 100\%$$

2. Analisis Ketebalan Lignin Akar

Pembuatan preparat segar penampang melintang pada akar tanaman cassava yang berumur 78 hari setelah tanam dan 34 hari setelah tanaman cassava diberi jamur *Fusarium oxysporum* dengan menggunakan metode Ruzin (1999) , yaitu dengan cara bagian akar tanaman cassava yang sudah dibersihkan dipotong secara melintang menggunakan silet. Potongan irisan melintang diletakkan diatas gelas preparat kemudian diberi pewarna safranin 1% dalam aquades kemudian ditutup dengan gelas penutup dan diukur ketebalan lignin akarnya dengan perbesaran 40x menggunakan mikrometer okuler dengan satuan μm .

3.6 Analisis Data

Data penelitian berupa data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif disajikan dalam bentuk deskriptif komparatif dan didukung dengan foto sedangkan data kuantitatif ditabulasi dengan faktor konsentrasi yang berbeda. Analisis dilakukan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Analisis ini dilakukan pada taraf nyata 5% kemudian di uji lanjut dengan menggunakan uji BNJ (Beda Nyata Jujur) pada taraf 5%.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pengimbasan asam salisilat berpengaruh terhadap peningkatan indeks stomata daun dan ketebalan lignin akar pada tanaman cassava yang diinokulasi jamur *Fusarium oxysporum*.
2. Konsentrasi asam salisilat 100 ppm adalah konsentrasi optimal yang menyebabkan terjadinya peningkatan indeks stomata daun dan ketebalan lignin akar tertinggi pada akar tanaman cassava yang diinokulasi jamur *F. oxysporum*

5.2 Saran

Penggunaan asam salisilat pada konsentrasi 100 ppm dapat dianjurkan untuk mendapatkan tanaman cassava yang tahan terhadap jamur *Fusarium oxysporum* terutama pada ketahanan anatomis akar dan daunnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, A.A., Sadie, T. and Elizabeth, B. 1999. *Induced Plant Defenses Against Pathogens and Herbivores, Biochemistry, Ecology and Agriculture*. APS Press. St. Paul, Minnesota.
- Agrios, G.N. 2005. *Plant Pathology*. 5th ed. Elsevier Academic Press. California
- Alexopoulos, C.W., Mimms, and Blackwell. 1996. *Introductory Mycology*. Fourth Edition. New York. John Wiley and Sons. INC.
- Ambar, A.A., Priyatmojo, A., Hadisutrisno, B. dan Pusposendjojo, N. 2010. Virulensi 9 Isolat *Fusarium oxysporum* f.sp. Lycopersici dan Perkembangan Gejala layu fusarium pada Dua Varietas Tomat Di Rumah Kaca. *Jurnal Agrin*. 14(2): 89-96.
- Andari, G. 2016. Analisis Lignin dan Indeks Stomata Anggrek Tanah (*Spathoglottis Plicata*) Hasil *Induced Resistance* Terhadap *Fusarium Oxysporum Secara In Vitro*. Tesis. Universitas Lampung. Lampung.
- Angiosperm Phylogeny Group (APG). 2003. An Update of The Angiosperm Phylogeny Group Classification for The Orders and Families of Flowering Plants: APG II. *Botanical Journal of The Linnean Society*. 141(2):399-436.
- Angraeni. 2020. *Identifikasi Morfologi dan Anatomi Eria, Trichotosia dan Pholidota Di Kebun Raya Liwa, Kabupaten Lampung Barat*. Universitas Lampung. Lampung
- Anwar, M.R., Liu, D.L., Farquharson, R., Macadam, I., Abadi, A., Finlayson, J., Wang, B. and Ramilan, T. 2015. Climate change impacts on phenology and yields of five broadacre crops at four climatologically distinct locations in Australia. *Agricultural Systems*. 132:133-144.
- Ardyanto, R.D., Santoso, S. dan Samiyarsih, S. 2014. Kemampuan Tanaman *Glodogan Polyalthia Longifolia Sonn.* sebagai Peneduh Jalan dalam Mengakumulasi Pb Udara Berdasarkan Respon Anatomis Daun di Purwokerto. *Jurnal Scripta Biologica*. 1(1): 15-19.

- Arifiani, F.N., Kurniasih, B. dan Rogomulyo, R. 2018. Pengaruh Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi (*Oryza sativa* L.) Tercekam Salinitas. *Vegetalika*.7 (3) : 30-40.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2023. Produksi Ubi Kayu. <https://www.bps.go.id/> . Diakses pada 16 September 2023 pukul 18.35 WIB.
- Bargumono. 2012. *Budidaya Tanaman Singkong*. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Bidabadi, S.S., Mahmood, M., Baninasah, B. and Ghobadi, C. 2012. Influence of Salicylic Acid on Morphological and Physiological Responses of *Banana* (*Musa acuminata* cv. Berangan, AAA) Shoot Tips to In Vitro water Stress Induced by Polyethylene Glycol. *Plant Omics Journal*. 1: 33-29
- Campbell, N.A., Reece, J.B. and Mitchel, L.G. 2008. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 2(Terjemahan)*. Erlangga: Jakarta
- Campbell, N.A., Reece, J.B. and Mitchell, L.C. 2003. *Biologi Jilid 2 (Terjemahan) Edisi Ke delapan*. Erlangga. Jakarta.
- CGIAR. 2000. *Root and Tubers in the Global Food System. A Vision Statement to the year 2020*.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. New York. Columbia University Press.pp.477.
- Databoks. 2022. 10 Negara Produsen Singkong Terbesar di Dunia, Indonesia Masuk Daftar?. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/04/13/10-negara-produsen-singkong-terbesar-di-dunia-indonesia-masuk-daftar#:~:text=Indonesia%20tercatat%20mampu%20memproduksi%20singkong,3%20juta%20singkong%20pada%202020.&text=Di%20Indonesia%20sentra%20produksi%20singkong,Jawa%20Barat%20dan%20DI%20Yogyakarta> . Diakses pada 16 September 2023 pukul 16.29 WIB.
- De Ascensao, A. R. D. C. F. and Dubery, I.A. 2000. Panama disease: Cell wall reinforcement in banana roots in response to elicitors from *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense race fuor. *Phytopathology*. 90:1173-1180.
- Dorly. 1989. *Membandingkan Anatomi Daun Varietas Orba dan Muria*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 38 hlm.
- Fageria, N.K., Filho, M.P.B. and Dacosta, J.H.C. 2009. *Potassium in the Use of Nutrients in Crop Plants*. CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton. London. New York. 131-163.

- Farhad, I.S.M., Islam, M.N., Hoque, S. and Bhuiyan, M.S.I. 2010. Role of Potassium and Sulphur on the Growth, Yield, and Oil Content of Soybean (*Glycine max* L.). *Ac. J. Plant Sci.* 3 (2): 99-103.
- Gardjito, M., Djwardi, A. dan Harmayani, E. 2013. *Pangan Nusantara: Karakteristik dan Prospek untuk Percepatan Diversifikasi Pangan*. Kencana Prenada Media Group. Jakarta.
- Goodman, R.N., Zoltan, K. and Milton, Z. 1986. *The Biochemistry and Physiology of Plant Disease*. D. Van Nostrand Company, Inc. New Jersey, Toronto, London, Melbourne.
- Hafzah, M. J. 2003. *Bisnis Ubi Kayu*. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta
- Hamid, A. dan Haryanto, M. 2011. *Bertanam Cabai Hibrida Untuk Industri*. Agromedia Pustaka: Jakarta. 194 Hal.
- Hammerschmidt, R. and Dann, E.K. 2000. Induced Resistance to Disease. Environmentally Safe Approach to Crop Disease Control. Chapter 8. Lewis Publisher. Boca Raton. 177-194.
- Hardi, E. H. 2015. *Parasit Biota Akuatik*. Mulawarman University Press. Samarinda.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environ Exp Bot.* 68(1):14–25.
- He, C.Y., Hsiang, T. and Wolyn, D.J. 2002. Induction of Systemic Disease Resistance and Patogen Defence Responses in *Asparagus officinalis* Inoculated with Patogenic Strains of *Fusarium oxysporum*. *Plant Pathology* 51: 225-230
- Herlinda, S., Utama, M.D., Pujiastuti, Y. dan Suwandi. 2006. Kerapatan dan Viabilitas Spora *Beauveria bassiana* (Bals.) Akibat Subkultur dan Pengayaan Media serta Virulensinya terhadap Larva *Plutella xylostella* (Linn.). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 6(2): 70-78
- Hibbett, D.S., Binder, M., Bischoff, J.F., Blackwell, M., Cannon, P.F., Eriksson, O.E., Huhndorf, S., James, T., Kirk, P.M., Lücking, R., Thorsten Lumbsch, H., Lutzoni, F., Brandon Matheny, P., McLaughlin, D.J., Powell, M.J., Redhead, S., Schoch, C.L., Spatafora, J.W., Stalpers, J.A., Vilgalys, R., Aime, M.C., Aptroot, A., Bauer, R., Begerow, D., Benny, G.L., Castlebury, L.A., Crous, P.W., Dai, Y.C., Gams, W., Geiser, D.M., Griffith, G.W., Gueidan, C., Hawksworth, C., Hestmark, G., Hosaka, K., Humber, R.A., Hyde, K.D., Ironside, J.E., Koljalg, U., Kurtzman, C.P., Larsson, K.H., Lichtwardt, R., Longcore, J., Miadlikowska, J., Miller, A., Moncalvo, J.M., Mozley-

- Standridge, S., Oberwinkler, F., Parmasto, E., Reeb, V., Rogers, J.D., Le Roux, C., Ryvarden, L., Sampaio, J.P., Schüssler, A., Sugiyama, J., Thorn, R.G., Tibell, L., Untereiner, W.A., Walker, C., Wang, Z., Weir, A., Weiss, M., White, M.M., Winka, K., Yao, Y.J. and Zhang, N. 2007. A Higher-Level Phylogenetic Classification of The Fungi. *Mycological Research*. 111 (5) pp. 509–547.
- Horvath, E., Szalai, G. and Janda, T. 2007. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal Plant Growth*. 26: 290-300.
- Juairiah, L. 2014. Studi Karakteristik Stomata Beberapa Jenis Tanaman Revegetasi di Lahan Pasca penambangan Timah di Bangka. *Widyariset*. 17 (2): 213-218
- Juwanda, M., Khotimah, K. dan Amin, M. 2016. Peningkatan Ketahanan Bawang Merah terhadap Penyakit layu fusarium Melalui Induksi Ketahanan dengan Asam Salisilat secara *In Vitro*. *Jurnal Agrin*. 20(1)
- Khodary, S.E.A. 2004. Effect of SA on growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *Int. Journal Agri*. 6: 5-8.
- Koswara, S. 2013. *Teknologi Pengolahan Umbi-Umbian*. USAID.
- Kristiawati, Y., Sumardiyono, C. dan Wibowo, A. 2014. Uji Pengendalian Penyakit layu fusarium Pisang (*Fusarium Oxysporum* F.Sp. *Cubense*) Dengan Asam Fosfit Dan Aluminium-Fosetil. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 18(2): 103-110
- Lestari, E.G. 2011. Peranan Zat Pengatur Tumbuh dalam Perbanyakkan Tanaman melalui Kultur Jaringan. *Jurnal AgroBiogen*. 7(1): 63-68.
- Lidiasari, E. 2006. Pengaruh Perbedaan Suhu Pengeringan Tepung Tapai Umbi Kayu Terhadap Mutu Fisik dan Kimia yang Dihasilkan. *Jurnal Ilmi-Ilmu Pertanian Indonesia*. 8(2): 141-146
- Mahesa. 2014. *A Laboratory Manual on Physiology of Mulberry and Silkworm*. University of Mysore. Mysore.
- Mukarlina., Khotimah, S. dan Rianti, R. 2010. Uji Antagonis *Trichoderma harzianum* Terhadap *Fusarium* spp. Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum*) Secara *In Vitro*. *Jurnal Fitokimia*. 7(2): 80-85
- Muslimah, I., Nurcahyani, E. dan Zulkifli. 2017. Aktivitas Enzim Peroksidase Daun Planlet Pisang Ketan (*Musa paradisiaca* L.) Hasil Pengimbasan Ketahanan Asam Salisilat secara *In Vitro*. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 17 (2): 105-108

- National Center for Biotechnology Information (NCBI). 2021. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/338> Diakses pada tanggal 23 November 2023 pukul 12.10 WIB
- Nurcahyani, E., Sumardi, I., Hadisutrisno, B. dan Suharyanto, E. 2012. Penekanan Penyakit Busuk Batang Vanili (*Fusarium oxysporum f.sp. vanillae*) Melalui Seleksi Asam Fusarat Secara *In Vitro*. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika. JHPTT*. 12 (1): 12-22
- Nurcahyani, E. 2013. Karakterisasi Planlet Vanili (*Vanilia planifolia* Andrews) Hasil Seleksi *In Vitro* dengan Asam Fusarat terhadap *Fusarium oxysporum* s.p. *vanilla*. *Disertasi*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Nurcahyani, E. dan Lindawati. 2014. Analisis Lignin Dan Struktur Anatomi Planlet Tomat (*Lycopersicum Esculentum* Mill) Hasil Seleksi Asam Salisilat Secara *In Vitro*. *Jurnal Ilmiah : Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*. 2(2): 49-54
- Nurcahyani, E., Agustrina, R. and Handayani, T.T. 2016a. The Protein Profile of the Plantlets of *Spathoglottis plicata* Blume. Induced Resistance to *Fusarium oxysporum*. *Journal of Plant Science*. 4(5) : 102-105
- Nurcahyani, E., Agustrina, R., Suroso, E. and Andari, G. 2016b. Analysis of Peroxidase Enzyme and Total Phenol from Ground Orchid (*Spathoglottis plicata* Blume) as Result of the *In Vitro* Fusaric Acid Selection Toward to *Fusarium oxysporum*. *International Journal of Applied Agricultural Science*. 2(6) : 79-82
- Nurcahyani, E., Sumardi, I., Hadisutrisno, B. and Suharyanto, E. 2017. DNA Pattern Analysis of *Vanilia planifolia* Andrews Plantlet which Resistant to *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*. *WJPLS*. 3(4) : 27-34
- Nurcahyani, E., Sumardi, I., Irawan, B., Sari, E. and Sari, T.L. 2019. *In Vitro* Study : Induced Resistance of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Plantlet Against *Fusarium oxysporum* Based on Analysis of Phenol Content. *WJPLS*. 5(2) : 195-198
- Nurcahyani, E. 2022. *Varietas Unggul Vanili Tahan Busuk Batang Berbasis Teknik Molekular dan Induced Resistance*. Plantaxia: Yogyakarta. 68 Hal
- Nurfadilah, S., Swarts, N.D., Dixon, K.W., Lambers, H. and Merrit, D.J. Variation in nutrient- acquisition patterns by mycorrhizal fungi of rare and common orchids explains diversification in a global biodiversity hotspot. *Ann Bot*. 2016; 111 (6): 1233-1241

- Oktarin, A., Henny, L., Rampea, dan Johanis, J. P. 2017. Struktur Sel Epidermis dan Stomata Daun Beberapa Tumbuhan Suku *Euphorbiaceae*. *Jurnal MIPA UNSRAT ONLINE* 6(1): 69-73
- Paletti, T.S., Nurcahyani, E., Yulianty, dan Agustrina, R. 2019. Stomata Index of *Cattleya* sp. Lindl., Planlet in Drought-Stress Conditions. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen Dan Keanekaragaman Hayati*. 6 (1) : 15-19.
- Palonen, H. (2004). Role of lignin in the enzymatic hydrolysis of lignocellulose. *VTT Publications*. 520. 80p + app. 62p
- Pemmy, T., Carolus, P. dan Tommy, D. S. 2015. Hasil Ubi Kayu Terhadap Perbedaan Jenis Pupuk. *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi. E-Jurnal*. 2(2): 56-77
- Pracaya. 2007. *Hama dan Penyakit Tanaman (Edisi Revisi)*. Penebar Swadaya: Jakarta. 427 Hal.
- Pratama, F. N. 2020. Aplikasi Pupuk Organik dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) pada Tanah Pasir di Lahan Kering. *Skripsi*. Universitas Jember. Jember.
- Purnomo, T.W.S., Kristian, R. dan Amitra, P.S. 2007. *Asam Salisilat dari Phenol*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Banten.
- Putri, A.R. 2017. Karakterisasi Planlet Anggrek *Cattleya* (*Cattleya* sp. Lindl.) Hasil Induksi Asam Salisilat dan Inokulasi Mikoriza (*Rhizoctonia* sp.) secara *In Vitro*. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Rehman, H., Farooq, M., Basra, S.M.A. and Afzal, I. 2011. Hormonal Priming with Salicylic Acid Improves the Emergence and Early Seedling Growth in Cucumber. *Journal Of Agriculture & Social Sciences*. 26(2): 160-179
- Rompas, Y., Rampe, H.L. dan Rumondor, M.J. 2011. Struktur Sel Epidermis dan Stomata Daun Beberapa Tumbuhan Suku *Orchidaceae*. *Jurnal bioslogos*. 1(1): 1-19
- Ruzin, SE. 1999. *Plant Microtechnique and Microscopy*. Oxford University Press, New York
- Sakhabinova, A.R., Shakirova, F.M., Bezrukova, M.V., Fakhutdinova, R.A. and Fakhutdinova, D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant. Sci*. 164, p.317-322

- Saleh, N.A., Taufik., Widodo, Y.dan Sundari, T. 2016. *Pedoman Budi Daya Ubi Kayu Di Indonesia*. Indonesian Agency For Agricultural Research And Development (IAARD) Press.
- Sarjana, P. 2010. Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Produksi Umbi Tanaman Lobak (*Raphanus sativus L*). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 18(2): 29-38
- Sarjiah., Hariyono, dan Supangkat, G. 2016. *Identifikasi Singkong Varietas Lokal Kabupaten Gunung Kidul Daerah Istimewa Yogyakarta*. Laporan Penelitian Unggulan Prodi. UM Yogyakarta.
- Sastrahidayat, I. R. 2011. *Fitopatologi (Ilmu Penyakit Tumbuhan)*. Jakarta: UB Press.
- Sastramihardja, D. dan Siregar, A.H. 1990. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Semangun, K., Bjornstad, A. and Ndjiondjop, M.N. 2006. An Overview of Moleculer Marker Methods for Plants. *African Journal of Biotechnology*. 5: 2540-2568
- Soelistijono. 2015. Kajian Efektifitas *Rhizoctonia* sp. Mikoriza Dataran Rendah dan Sedang pada Tingkat Keparahan Penyakit (Dsi) Anggrek *Phalaenopsis amabilis* terhadap *Fusarium* sp. *Jurnal Biosaintifika*. 7(2): 41-60
- Soesanto, L. 2008. *Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Sticher,L., Mauch-Mani,B. and Metraux, JP. 1997. Systemic acquired resistance. *Annual Review Phytopathology*. 35: 235-270
- Subandi. 2009. Teknologi Budidaya Ubi Kayu. *Iptek Tanaman Pangan*. 4 (2): 131-153.
- Syahfitri, D., Nurcahyani, E., Chrisnawati, L.dan Ernawati, E. 2022. Analisis Kandungan Klorofil dan Indeks Stomata Planlet Anggrek *Dendrobium* Hasil Induksi Asam Salisilat secara *In Vitro*. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. 7(2): 165-176
- Wahyudi, P. dan Pujiyanto.2008. *Kakau Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Penebar Swadaya. Hlm. 1-151