

**INFEKSI *Penicillium* spp. PADA BUAH JERUK LEMON (*Citrus limon*)
DAN JERUK MANIS *Citrus sinensis* (L. Osbeck) PASCAPANEN**

SKRIPSI

Oleh:

IRMA SOLEKHA DINIYA

NIM. 17620104



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**INFEKSI *Penicillium* spp. PADA BUAH JERUK LEMON (*Citrus limon*)
DAN JERUK MANIS *Citrus sinensis* (L. Osbeck) PASCAPANEN**

SKRIPSI

Oleh:

IRMA SOLEKHA DINIYA

NIM. 17620104

Diajukan Kepada:

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam

Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

PROGRAM STUDI BIOLOGI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM

MALANG

2021

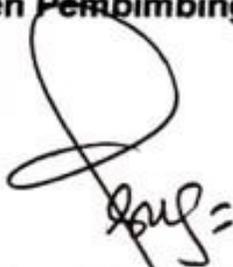
INFEKSI *Penicillium* sp. PADA BUAH JERUK LEMON (*Citrus limon*) DAN JERUK MANIS *Citrus sinensis* (L. Osbeck) PASCAPANEN

SKRIPSI

Oleh:
IRMA SOLEKHA DINIYA
NIM. 17620104

Telah disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I



Prilya Dewi Fitriyari, M.Si
NIDT. 19900428 20160801206

Dosen Pembimbing II



Dr. H. M. Imamudin, Lc., M.A
NIP.1958092419830 3 2001

Dosen Pembimbing III



Ir. Mutia Erti
NIP. 1974060

Tanggal, 13 Desember 2021

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi

UIN Maulana Malik Ibrahim Malang



**INFEKSI *Penicillium* sp. PADA BUAH JERUK LEMON (*Citrus li*
DAN JERUK MANIS *Citrus sinensis* (L. Osbeck) PASCAPANE**

SKRIPSI

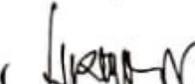
Oleh:

IRMA SOLEKHA DINIYA

NIM. 17620104

telah dipertahankan

di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.
Tanggal: 13 Desember 2021

Penguji Utama	: <u>Prof. Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si</u> (
	NIP. 19650509 199903 2 002
Ketua Penguji	: <u>Ir. Hj. Liliek Harianie A.R., M.P</u> (
	NIP. 19620901 199803 2 001
Sekretaris Penguji	: <u>Prilya Dewi Fitriyani, M.Sc</u> (
	NIP. 199004282016080 1 2062
Anggota Penguji	: <u>Dr. H. M. Imamuddin, Lc., M.A</u> (
	NIP. 19740602 200901 1 010
Anggota Penguji	: <u>Ir. Mutia Erti Dwiastuti, M.S</u> (
	NIP. 19580924 19830 3 2001

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Biologi



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Irma Solekha Diniya
NIM : 17620104
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Infeksi *Penicillium* spp. pada Buah Jeruk
(*Citrus limon*) dan Jeruk Manis *Citrus*
(*L. Osbeck*) Pascapanen

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, merupakan pengambilalihan data, tulisan, dan/atau pikiran lain yang saya akui sebagai hasil tulisan dan/atau pikiran sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplik daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 22 Desember 20
yang membuat pernyataan

A handwritten signature in black ink is written over a portion of a yellow 1000 Rupiah banknote. The banknote features the Garuda Pancasila emblem and the number '1000' in large red digits. The text 'SERBUN RIBU RUPIAH' is visible on the left side of the note. The signature is written in a cursive style.

Irma Solekha Diniya
NIM. 17620104

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan untuk semua orang yang telah mendukung penulis dalam penyusunan skripsi ini, khususnya:

1. Ayah dan Ibu tercinta, Bpk Hadi Suwito dan Ibu Jami yang telah merawat, mendidik serta mendoakan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Dr. Nur Kusmiyati, M.Si, selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan kepada penulis dari awal hingga akhir studi.
3. Ir. Mutia Erti Dwiastuti, M.S, selaku dosen pembimbing di Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Sub Tropik (Balitjestro), Tlekung Junrejo Kota Batu, Jawa Timur, yang telah mengarahkan metode penelitian, perlakuan, pelaksanaan penelitian di laboratorium dan memberi pendampingan pada perlakuan penelitian, serta adviser dalam penggunaan peralatan laboratorium Pengujian Balitjestro.
4. Prillya Dewi Fitriyanti, M.Sc, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, serta ilmu untuk memberikan bimbingan kepada penulis dengan penuh kesabaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
5. Dr. H. Mochamad Imamudin, Lc., M.A., selaku dosen pembimbing agama yang telah banyak memberikan bimbingan terkait integrasi sains dan islam.
6. Teman-teman seperjuangan khususnya Annisa Rahmah, Dewi Fatimah, semua teman kontrakan (Rafika, Iim, Nada, Rika, Ara, Dynda, Mak cik, Nuha) dan teman di lab (mbk Azizah, mbk Nur, Mas yogi, Ilmi) yang telah meluangkan waktunya untuk membantu dan menemani peneliti hingga selesai proses pengambilan data dan memberikan motivasi, arahan serta saran sehingga membantu proses penelitian skripsi dengan baik.
7. Teman-teman Wolves Biologi 2017 dan Biologi D 2017 yang selalu memberi semangat kepada penulis untuk menyelesaikan studi ini dengan baik.

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

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

MOTTO

“sebaik-baik orang adalah orang yang ingin berjuang dalam menuntut ilmu dan selalu bermanfaat bagi orang lain”

“TERUSLAH BERBUAT BAIK DAN BERMANFAAT PADA SEMUA ORANG, HIDUP TAK BERARTI TANPA BERBUAT BAIK”

إِنَّ أَحْسَنَكُمْ أَحْسَنَكُمْ لِأَنْفُسِكُمْ وَإِنْ أَسَأْتُمْ فَلَهَا فَإِذَا جَاءَ وَعْدُ الْآخِرَةِ لِيَسُوءُوا وَاوْجُوهَكُمْ وَلِيَدْخُلُوا الْمَسْجِدَ كَمَا دَخَلُوهُ أَوَّلَ مَرَّةٍ وَلِيُتَبِّرُوا مَا عَلَوْا تَتْبِيرًا

7. *Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik bagi dirimu sendiri dan jika kamu berbuat jahat, maka (kejahatan) itu bagi dirimu sendiri, dan apabila datang saat hukuman bagi (kejahatan) yang kedua, (Kami datangkan orang-orang lain) untuk menyuramkan muka-muka kamu dan mereka masuk ke dalam mesjid, sebagaimana musuh-musuhmu memasukinya pada kali pertama dan untuk membinasakan sehabis-habisnya apa saja yang mereka kuasai.*

“jika berbuat baik kepada seseorang lalu dibalas sebaliknya, teruslah berbuat baik karena Allah mempunyai tujuan dan maksud besar dari apa yang kamu lakukan, percaya Allah selalu memberikan yang terbaik dari apa setiap perbuatan yang telah kamu lakukan”.

“Do the best whatever you do and continue to do good even though the evil is rewarded, involve Allah in everything. We’re nothing without Allah intervention”.

(Irma, 2021)

**INFEKSI *Penicillium* spp. PADA BUAH JERUK LEMON (*Citrus limon*)
DAN JERUK MANIS *Citrus sinensis* (L. Osbeck) PASCAPANEN**

Irma Solekha Diniya, Prilya Dewi Fitriasari, M. Imamudin, Mutia Erti Dwiastuti

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Lemon (*Citrus limon* (L.) Burm.) dan jeruk manis (*Citrus sinensis*) secara global menyumbang sekitar 12% produksi pangan di seluruh dunia dari semua produksi jeruk. Indonesia dengan kadar kelembaban yang tinggi mengakibatkan buah mudah terkontaminasi kapang. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui mekanisme perkembangan penyakit oleh *Penicillium* spp. dan kondisi jaringan pada (*C. limon*) dan *C. sinensis* (L. Osbeck) pascapanen, mengetahui pengaruh infeksi dua isolat *Penicillium* spp. pada kualitas (*C. limon*) dan *C. sinensis* (L. Osbeck) pascapanen, dan mengetahui dua isolat *Penicillium* spp. yang menginfeksi dua varietas jeruk berbeda spesiesnya. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan 3 ulangan. Parameter yang diamati intensitas serangan penyakit, morfologi, anatomi buah, warna (*Color Chart Royal Horticultural Society*), kadar sukrosa, vitamin C dan keasaman. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan Analisis Varian (ANOVA) tunggal. Karakterisasi isolat kapang dilakukan pengamatan morfologi makroskopis, mikroskopis dan identifikasi molekuler rDNA ITS primer ITS1 dan ITS4, sekuensing. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa, intensitas penyerangan perlakuan *Penicillium* 1 menunjukkan beda nyata dengan kontrol pada varietas jeruk manis dari hari ke-3, sedangkan pada varietas lemon berbeda nyata antara perlakuan kapang *Penicillium* P1 dengan kontrol dan *Penicillium* P2. Kadar sukrosa, vitamin C dan keasaman tidak berbeda nyata dari semua perlakuan dan varietas. Warna buah berbeda nyata pada varietas manis dari parameter a^* (*redness to greenness*), namun tidak berbeda nyata pada jeruk lemon. Isolat *Penicillium* P1 menunjukkan spesies *Penicillium digitatum* dan isolat *Penicillium* P2 menunjukkan spesies *Penicillium citrinum*.

Kata kunci: Infeksi buah, *Penicillium* sp., *C. limon*, *C. sinensis* (L. Osbeck), identifikasi

***Penicillium* spp. Infection on Lemon (*Citrus limon*) and Sweet Orange (*Citrus sinensis* L.osbeck) Post Harvest**

Irma Solekha Diniya, Prilya Dewi Fitriasari, M. Imamudin, Mutia Erti Dwiastuti

Biology Study Program, Faculty of Science and Technology

Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang

ABSTRACT

Lemons (*Citrus limon* (L.) Burm.) and sweet oranges (*Citrus sinensis*) globally account for about 12% of worldwide food production of all citrus production. Indonesia with high humidity levels causes fruit to be easily contaminated with molds. The purpose of this study was to determine the mechanism of disease development by *Penicillium* spp. and tissue conditions in (*C. limon*) and *C. sinensis* (L. Osbeck) postharvest, to determine the effect of infection of two isolates of *Penicillium* spp. on the postharvest quality (*C. limon*) and *C. sinensis* (L. Osbeck), and to identify two isolates of *Penicillium* spp. which infects two citrus varieties of different species. This study used a completely randomized design (CRD) with 3 treatments and 3 replications. Parameters observed were disease intensity, morphology, fruit anatomy, color (Color Chart Royal Horticultural Society), sucrose content, vitamin C and acidity. The data obtained were then analyzed using a single Analysis of Variance (ANOVA). The characterization of mold isolates was carried out by observing macroscopic, microscopic morphology and molecular identification of primary ITS rDNA ITS1 and ITS4, sequencing. The results of this study showed that the intensity of attack on the *Penicillium* 1 treatment was significantly different from the control on the sweet orange variety from day 3, while the lemon variety was significantly different between the treatment of *Penicillium* P1 mold with control and *Penicillium* P2. The levels of sucrose, vitamin C and acidity were not significantly different from all treatments and varieties. The color of the fruit was significantly different in sweet varieties from the a* (redness to greenness) parameter, but not significantly different in lemons. *Penicillium* P1 isolates showed *Penicillium digitatum* species and *Penicillium* P2 isolates showed *Penicillium citrinum* species.

Keywords: Fruit infection, *Penicillium* sp., *C. limon*, *C. sinensis* (L. Osbeck), identification

الملخص

دينار، ايما صالحا. ٢٠٢١ عدوى *Penicillium spp*. في الليمون (الحمضيات والليمون) والبرتقال الحلو الحمضيات سينينسيس (L. Osbeck) ما بعد الحصاد

المشرفة الأول: بريليا ديوي فطرية ساري الماجستير، المشرف الثاني: الدكتور محمد إمام الدين الماجستير، المشرفة الثالث: موتيا ايرتي دويستوتي

دراسة علم الحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج

الكلمات المفتاحية: عدوى الفاكهة ، *Penicillium sp.* ، *C. limon*, *C. sinensis* (L. Osbeck) ، التعرف

يمثل الليمون (ليمون الحمضيات (L.) بورم.) والبرتقال الحلو (*Citrus sinensis*) على مستوى العالم حوالي 12٪ من الإنتاج الغذائي العالمي من جميع إنتاج الحمضيات. يتسبب ارتفاع مستويات الرطوبة في إندونيسيا في تلوث الفاكهة بسهولة بالعفن. الغرض من هذه الدراسة هو تحديد آلية تطور المرض بواسطة *Penicillium spp*. وظروف الأنسجة في (*C. limon*) و (*C. sinensis* (L. Osbeck) بعد الحصاد ، لتحديد تأثير إصابة اثنين من عزلات *Penicillium spp*. على صنف ما بعد الحصاد (*C. limon*) و (*C. sinensis* (L. Osbeck) ، وللتعرف على عزلتين من *Penicillium spp*. الذي يصيب نوعين من الحمضيات من أنواع مختلفة. استخدمت هذه الدراسة تصميمًا عشوائيًا بالكامل (CRD) مع 3 معالجات و 3 مكررات. كانت العوامل التي لوحظت هي شدة المرض ، والتشكل ، وتشريح الفاكهة ، واللون (جمعية البساتين الملكية بالألوان) ، ومحتوى السكر ، وفيتامين ج ، والحموضة. تم بعد ذلك تحليل البيانات التي تم الحصول عليها باستخدام تحليل واحد للنتائج (ANOVA). تم إجراء توصيف عزلات العفن من خلال مراقبة التشكل الميكروسكوبي والميكروسكوبي والتعرف الجزيئي لتسلسل ITS1 ITS rDNA ITS4 والأساسي. أظهرت نتائج هذه الدراسة أن شدة الهجوم على معاملة البنسليوم 1 اختلفت بشكل كبير عن السيطرة على صنف البرتقال الحلو من اليوم الثالث ، بينما كان صنف الليمون مختلفًا بشكل كبير بين معاملة قالب البنسليوم P1 مع التحكم و *Penicillium P2*. لم تكن مستويات السكر وفيتامين ج والحموضة مختلفة بشكل كبير عن جميع العلاجات والأصناف. كان لون الثمرة مختلفًا بشكل كبير في الأصناف الحلوة من معامل a * (الاحمرار إلى الاخضرار) ، ولكن لم يكن مختلفًا بشكل كبير في الليمون. أظهرت عزلات البنسليوم P1 أنواع البنسليوم ديجيتاتوم وعزلات البنسليوم P2 أظهرت نوع البنسليوم سيتريونوم.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan anugerah serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik sebagai salah satu persyaratan kelulusan di Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan kepada semua pihak dalam penyusunan skripsi ini. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri M.P., selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ir. Mutia Erti Dwiastuti, M.S, selaku dosen pembimbing di Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Sub Tropik (Balitjestro), Tlekung Junrejo Kota Batu, Jawa Timur.
5. Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran.
6. Dr. H. Mochamad Imamudin, Lc., M.A., selaku dosen pembimbing agama yang telah banyak memberikan bimbingan terkait integrasi sains dan islam.
7. Nur Kusmiyati, M.Si selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan kepada penulis dari awal hingga akhir studi.
8. Bpk Hadi Suwito dan Ibu Jami selaku orang tua yang selalu memberikan dukungan baik berupa doa dan materi.
9. Teman-teman Wolves Biologi 2017 yang selalu memberi semangat kepada penulis untuk menyelesaikan studi ini dengan baik.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Penulis berharap kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak. Penulis juga berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSEMBAHAN	xii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	xiv
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	xv
MOTTO	xvi
ABSTRAK.....	xvii
ABSTRACT.....	xvii
ملخص	xviii
KATA PENGANTAR	xx
DAFTAR ISI.....	ii

BAB I

PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Hipotesis Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Batasan Penelitian.....	8

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Keanekaragaman Buah dalam Al-Qur'an	10
2.2 Jeruk.....	13
2.2.1 Jeruk Lemon (<i>Citrus limon</i>).....	16
2.2.2 Jeruk Manis <i>Citrus sinensis</i> (L. Osbeck)	18
2.3 Penyakit yang disebabkan kapang pada buah jeruk.....	19
2.4 Penyakit Busuk Hijau (<i>Penicillium spp.</i>).....	19
2.6. Kualitas Buah Jeruk Segar dan Optimal	22
2.5. Identifikasi Kapang <i>Penicillium spp</i>	23
2.5.1 Identifikasi Berdasarkan Karakter Morfologi	23

2.5.2 Identifikasi Berdasarkan Karakter Molekuler	24
BAB III	
METODE PENELITIAN	26
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	26
3.2.1 Alat Penelitian	26
3.2.1 Bahan Penelitian	26
3.3 Rancangan Penelitian	26
3.4 Prosedur Penelitian	27
3.4.1 Persiapan	27
3.4.2 Perlakuan	28
3.5 Analisis data	36
BAB IV	
HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Persentase Intensitas Serangan Penyakit	37
4.1.1 Anatomi Morfologi Jeruk	40
4.1.2 Anatomi Irisan Kulit Buah	42
4.2 Pengaruh Kualitas Buah Terinfeksi	43
4.2.1 Warna	45
4.2.2 Hasil Uji Kadar Sukrosa	46
4.2.3 Hasil Uji Kadar Vitamin C	48
4.2.4 Hasil Uji Kadar Keasaman	51
4.3 Kapang Patogen Hasil Isolasi Jeruk Lemon	52
4.3.1 Karakter Morfologi	52
4.3.2 Identifikasi Kapang Patogen dari Buah Jeruk Lemon (<i>Citrus limon</i>) Berdasarkan Penanda Molekuler	56
BAB V	
PENUTUP	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar

2.1 Irisan buah jeruk secara longitudinal/ membujur dan transverse/melintang	
2.2 Vesikula atau kantung dan stalk atau tangkai	
2.3 Pola percabangan konidiofor diamati pada <i>Penicillium</i>	
2.4 Anatomi jeruk terinfeksi kapang <i>P. expansum</i> setelah 14 hari pengamatan	
4.1 Rata-rata perhitungan intensitas penyerangan penyakit.....	
4.2 Diagram batang intensitas penyerangan pada jeruk manis	
4.3 Diagram batang intensitas penyerangan pada jeruk lemon	
4.4 Hasil pengamatan intensitas serangan penyakit pada buah (A, C, E, G jeruk lemon), (B, D, F, H, jeruk manis)	
4.5 Gejala serangan busuk buah pada varietas	
4.6 Pengamatan irisan melintang anatomi jeruk dibawah mikroskop	
4.7 Diagram hasil kualitas buah jeruk manis berdasarkan kadar gula, total asam, vitamin C dan warna buah	
4.8 Diagram hasil kualitas buah jeruk lemon berdasarkan kadar gula, total asam, vitamin C dan warna buah	
4.9 Morfologi kapang patogen isolasi jeruk lemon <i>Penicillium</i> P1	
4.10 Morfologi kapang patogen isolasi jeruk lemon <i>Penicillium</i> P2	
4.11 Rekonstruksi pohon filogenetik isolate kapang dari jeruk lemon berdasarkan metode <i>neighbor joining, bootstrap</i> 1000	

DAFTAR TABEL

Tabel

3.1	Skuens Primer.....	.....
3.2	Komposisi bahan dan volume amplifikasi DNA.....	.....
3.3	Prosedur PCR.....	.....
4.1	Hasil intensitas penyerangan pada jeruk manis.....	.....
4.2	Hasil intensitas penyerangan pada jeruk lemon.....	.....
4.3	Hasil uji kualitas buah jeruk manis berdasarkan kadar gula, total asam, vitamin C dan warna buah.....	.....
4.4	Hasil uji kualitas buah jeruk lemon berdasarkan kadar gula, total asam, vitamin C dan warna buah.....	.....
4.5	Hasil rata-rata uji kadar gula pada jeruk manis dan lemon.....	.....
4.6	Hasil rata-rata uji kadar vitamin C pada jeruk manis dan jeruk lemon.....	.....
4.7	Hasil rata-rata kadar keasaman dari jeruk manis dan lemon.....	.....
4.8	Karakter Morfologi Kapang Patagonis dari Jeruk Lemon.....	.....
4.9	Hasil pengujian kuantitatif isolasi DNA kapang patogen jeruk lemon.....	.....
4.10	Hasil blast isolat kapang patogen dari buah jeruk lemon.....	.....

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

1. Skor color card
2. Gambar pengamatan color card
3. Gambar Pengamatan intensitas perangan penyakit pada jeruk lemon dan jeruk manis.....
4. Hasil uji kadar sukrosa
5. Hasil uji kadar vitamin C.. ..
6. Hasil uji kadar keasaman
7. Penentuan jarak genetik, penyatuan hasil sequencing, dan pensejajaran
8. Hasil blast sequencing isolate *Penicillium* P1
9. Hasil blast sequencing isolate *Penicillium* P2
10. Hasil elektroforesis kualitas DNA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan iklim tropis. Wilayah Indonesia terletak di antara dua benua dan dua samudra yaitu benua Asia dan Australia serta Samudra Hindia dan Pasifik yang menjadikan wilayah Indonesia memiliki pola iklim yang unik (Marganingrum & Santoso, 2019). Iklim ini menjadikan keanekaragaman hayati tertinggi di ASEAN (*Association of Southeast Asian Nations*) ada di negara Indonesia. Sebagaimana yang telah dijelaskan dalam Al-Qur'an dalam surah At-Taha ayat 53 seperti yang tertera dibawah ini:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَلَّكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا
مِّنْ نَّبَاتٍ شَتَّى

53. Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan dan Yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan, dan menurunkan dari langit air hujan. Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam.

Berdasarkan *tafsir Ath-Thabari* mengatakan bahwa mayoritas ahli *qira'at* Madinah dan Bashrah membacanya dengan kasrah pada huruf *mim* dan menambahkan huruf *alif* sesudah *ha* yakni Kufah مَهْدًا. Demikianlah yang mereka lakukan dalam seluruh ayat Al-Qur'an, alasan mereka adalah karena ia merupakan nama tempat, sedangkan الْمَهْدُ merupakan kata kerja. Mayoritas ahli *qira'at* Kufah membacanya مَهْدًا dalam arti yang menghamparkan bumi bagi kalian. Pernyataan yang benar adalah, kedua *qira'at* Kufah dan saling berdekatan maknanya, karena jika Allah telah menghamparkan bumi, maka bumi menjadi tempat hamparan bagi seluruh makhluk-Nya. Jika dua *qira'at* tersebut boleh diikuti karena keduanya merupakan *qira'at* yang masyhur (*Tafsir Ath-Thabari* Jilid 17, 2009).

Takwil firman Allah وَسَلَّكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا (Dan Yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan), dari makna ini seperti yang diriwayatkan oleh Bisyr menceritakan kepada kami, ia berkata: “Sa'id menceritakan kepada kami dari Qatadah, mengenai firman Allah tersebut maksudnya maksudnya adalah jalan-jalan”. Takwil firman Allah, وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِّنْ نَّبَاتٍ شَتَّى (Dan menurunkan dari langit air hujan. Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan

itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam) maknanya adalah, Allah menurunkan hujan dari langit ini merupakan pemberitahuan dari Allah atas nikmat-Nya kepada para makhluk-Nya, yaitu menurunkan hujan dari langit ke bumi, setelah selesai menceritakan jawaban Musa kepada Fir'aun atas apa yang dinyatakan kepadanya. Allah berfirman, “Lalu Kami tumbuhkan dengan air hujan tersebut tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam, yaitu berlainan warna, rupa, dan rasa” (Tafsir Ath-Thabari Jilid 17, 2009).

Ali bin Daud menceritakan kepadaku, ia berkata: Abdullah bin Shaleh menceritakan kepada kami, ia berkata: Mu'awiyah menceritakan kepada kami dari Ali, dari Ibnu Abbas, mengenai firman Allah *مِنْ نَبَاتٍ شَتَّىٰ* (Dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam), ia berkata “makanya adalah berbeda-beda” (Tafsir Ath-Thabari Jilid 17, 2009). Berbagai tumbuhan hidup dan tumbuh dengan baik pada kondisi lingkungan yang sesuai seperti hutan tropis menjadi tempat untuk melestarikan keanekaragaman hayati karena berbagai tumbuhan ditemukan seperti buah-buahan, umbi-umbian, kacang-kacangan dan berbagai tumbuhan kayu (Navia, *et al.*, 2020). Keanekaragaman hayati tersebut dapat hilang karena belum dimanfaatkan secara maksimal (Von Rintelen, *et al.*, 2017). Keanekaragaman hayati adalah dasar pertanian untuk menjamin ketersediaan pangan serta melindungi lingkungan untuk kelangsungan hidup berkelanjutan dan keseimbangan ekosistem (Sukara, 2014).

Indonesia dikenal memiliki beragam buah-buahan lokal dan jenis jeruk unggul nasional yang tersebar di Nusantara dari Sabang sampai Merauke dan dapat dikembangkan, dimanfaatkan untuk mendukung ketahanan pangan. Manfaat lain adalah untuk memenuhi kebutuhan vitamin dan mineral bagi masyarakat seiring dengan peningkatan populasi manusia dari tahun ke tahun (Tolangara, *et al.*, 2020). Jeruk (famili Rutaceae) menjadi salah buah yang paling banyak ditanam di seluruh dunia dan dianggap sebagai buah asli di wilayah geografis tropis dan subtropik sehingga, jeruk pada umumnya tidak tahan pada daerah dingin (Nehela & Killiny, 2020).

Genus citrus ditemukan sekitar 140 genus dan 1300 spesies. Pertama kali ditemukan di Asia Tenggara, kemudian menyebar ke India timur laut, Burma dan Cina. Buah jeruk telah tumbuh di seluruh dunia sejak zaman kuno (Al-Qudah, *et*

al.,2018). Spesies jeruk, yang meliputi mandarin (*Citrus reticulata*), jeruk manis (*C. sinensis*), lemon (*C. limon*), dan jeruk bali (*C. paradisi*), memiliki nilai ekonomi dan gizi yang tinggi (Penjor, *et al.*, 2014).

Jeruk lemon mengandung minyak esensial yang banyak digunakan untuk aplikasi seperti makanan, obat-obatan, kosmetik dan parfum, deterjen, aromaterapi, penghambat patogen, dan pengendalian serangga (Ammad, *et al.*, 2018). Lemon secara tradisional dapat digunakan sebagai zat aditif untuk meredakan sakit tenggorokan (Al-Qudah, *et al.*, 2018). Lemon secara keseluruhan banyak mengandung flavonoid, sedangkan secara ilmiah sudah terbukti bahwa lemon memiliki senyawa bioaktif sebagai serat makanan, polifenol, mikronutrien dan vitamin, asam, garam mineral dan minyak esensial, banyak di antaranya memiliki antioksidan tinggi, adanya aktivitas dan proporsi tersebut mampu mengurangi kerusakan oksidatif pada tubuh manusia sehingga dapat mencegah kanker, penyakit kardiovaskular, kadar glukosa dan lipid yang tinggi dalam darah serta obesitas (Gonzalez-Molina, *et al.*, 2010).

Di antara jeruk komersial yang berbeda spesies, jeruk lemon budidayanya meningkat pesat di seluruh dunia sejak tahun 2000. Hal ini karena pemanfaatannya, baik untuk kepentingan rumah tangga dan keperluan industri (Khan, *et al.*, 2017). Lemon (*C. limon* (L.) Burm.) secara global menyumbang sekitar 12% produksi pangan di seluruh dunia dari seluruh produksi jeruk (Dubey, *et al.*, 2015). Jeruk memiliki produksi terbesar (80 juta ton pertahun) di dunia dibandingkan buah lainnya. Hal ini menunjukkan implikasinya terhadap ekonomi dunia (Ghanei, *et al.*, 2018).

Produksi jeruk di Jawa Timur pada tahun 2016 yaitu sebanyak 857.314.80 ton dan tahun 2017 sebanyak 918.822.30 ton. Hal ini disebabkan oleh jumlah produktivitas yang terus meningkat dan luas lahan yang terus meningkat setiap tahunnya. Konsumsi buah jeruk di Indonesia mencapai 4,43 kg/kapita/tahun pada tahun 2019 namun, pada tahun 2020 mengalami penurunan yaitu 3,30 kg/kapita/tahun dari Data Susenas (Survei Sosial Ekonomi Nasional) (Kementrian Pertanian, 2017).

Daya konsumsi jeruk di Indonesia yang mengalami penurunan sebesar 3,30 kg/kapita/tahun dari Data Susenas dipengaruhi oleh pasar bebas di era

globalisasi dengan adanya berbagai merek jenis jasa maupun barang masuk ke pasar Indonesia. Hal ini akan mempengaruhi daya minat konsumen dengan adanya berbagai varietas jeruk, sehingga konsumen akan lebih tertarik pada produk murah dengan kualitas yang baik (Probowati, 2016). Jeruk di pasar tradisional maupun modern di Indonesia sangat melimpah dengan adanya peningkatan produksi jeruk nasional yang terus meningkat, begitupun jeruk impor sering dijumpai di pasaran (Rosalina dan Zati, 2019).

Penumpukan jeruk akan mempercepat kerusakan, karena buah yang dikeluarkan ke konsumen dari pasar dalam satu periode dikenal sebagai pematangan pascapanen atau penuaan terjadi hingga durasinya bervariasi (dari hari ke minggu) dan berefek pada metabolisme buah dan status pematangan saat panen (Pott, *et al.*, 2020). Tahap pascapanen, termasuk penanganan, penyimpanan dan pemasaran buah yang dapat tekanan biotik dan abiotik, serta pembusukan buah akan beresiko pada keamanan pangan yang disebabkan kapang yang menjadi masalah serius (Cheng, *et al.*, 2020). Memakan makanan yang baik perlu diperhatikan apa yang dimakannya agar terhindar dari penyakit, selain makanan yang baik tentunya makanan halal. Hal ini seperti yang dijelaskan dalam Q.S ‘Abasa ayat 24 yaitu:

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ

24. *maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya.*

Ayat diatas menerangkan bahwa sebaiknya manusia memperhatikan makanannya, berdasarkan tafsir jalalain menjelaskan bahwa manusia harus memperhatikan makanannya dengan menggunakan akal pikirannya tentang bagaimana Allah menyuruh manusia untuk memperhatikan makanannya yang bergizi, sehingga manusia memakan makanan yang halal lagi baik, maksudnya tidak terkontaminasi oleh kapang. Sehingga manusia dapat merasakan lezatnya makanan dan minuman yang juga menjadi pendorong bagi pemeliharaan tubuhnya untuk sehat dan mampu menunaikan kewajiban yang dibebankan kepadanya, dengan akal tersebut manusia mengetahui bagaimana makanan itu diciptakan dan diatur untuknya (Al-Mahally, dkk., 1990).

Allah SWT dalam ayat ini menjelaskan mengenai rezeki manusia, setelah pada ayat sebelumnya menceritakan asal mula penciptaan. Tafsir menurut Al-

Qurthubi dijelaskan bahwa yang dimaksud “memerhatikan” dalam ayat ini ialah “melihatnya hati dan pikiran”. Berdasarkan riwayat dari Hasan dan Mujahid, ayat ini bermakna hendaklah manusia itu melihat kepada yang dimasukkan dan yang mengeluarkan rezeki.

Hal ini sangat ditekankan karena mempengaruhi kesehatan jika makanan yang dikonsumsi mengandung toksik yang berasal dari berbagai mikroorganisme. Permasalahan kontaminasi buah dapat menyebabkan berbagai masalah, menurut Edyansyah, (2016) dapat merusak nutrisi makanan karena terkontaminasi sehingga menimbulkan mikotoksin yang berbahaya bagi kesehatan. Buah yang terkontaminasi kapang berdampak buruk pada kesehatan manusia, tergantung pada jumlah yang tertelan. Kontaminasi bisa ditemukan selama proses panen di lapangan, pengolahan, penyimpanan, prapanen, pascapanen dan produk jadi, selain itu kontaminasi mikotoksin juga dipengaruhi jenis dan variasi buah, iklim, lokasi geografis, perawatan pada proses produksi dan penggunaan pestisida (Carballo, *et al.*, 2018). Kontaminasi makanan seperti buah sangat perlu diperhatikan yaitu dengan cara pengendalian buah pada prapanen maupun pascapanen, begitupun cara memperolehnya dan kondisi buah pada saat dikonsumsi harus diperhatikan.

Patogenisitas merupakan suatu keadaan dimana patogen menimbulkan berbagai penyakit. Penyakit pada buah akan timbul karena mekanisme masuknya patogen yang tidak bisa dikendalikan tubuh tumbuhan sehingga menyebabkan busuk pada buah tersebut. Timbulnya penyakit pada inang karena tumbuhnya mikroorganisme parasit, penyakit yang disebabkan oleh parasit disebut patogen (Hakim, 2020). Penyebab timbulnya patogen dapat berupa kapang genus *Penicillium* yang merupakan salah satu jamur yang paling umum ditemukan di seluruh dunia dalam beragam habitat, dari tanah hingga tumbuh-tumbuhan, udara, lingkungan dalam ruangan, dan berbagai produk makanan. Spesiesnya memainkan peran penting dan bervariasi, seperti pembusukan bahan organik, menyebabkan kerusakan sebagai patogen sebelum dan sesudah panen pada tanaman pangan, dan produksi beragam mikotoksin (Perrone, 2017) & (Visagie, *et al.*, 2014).

Penyakit patologis buah jeruk ditemukan kapang hijau yang disebabkan oleh kapang *P. digitatum*. Penyebarannya melalui pori-pori dan luka di sejumlah kelenjar minyak pada bagian kulit buah. Pada kondisi suhu dan kelembaban yang sesuai, akan menciptakan noda berair pada kulit buah yang selanjutnya akan membuat miselia putih. Produksi spora hijau dimulai pada saat noda ukuran mencapai 2,5 cm sampai 5 cm. Pembusukan menyebar secara bertahap dan kebusukan menutupi sebagian besar atau keseluruhan buah. Pembusukan ini dapat dikontrol dengan memastikan kesesuaian kadar air dan suhu rendah, yang dapat dicapai dengan menggunakan gudang berventilasi dan mensterilkan dengan sinar UV juga dapat digunakan untuk memperbaiki buah agar tahan terhadap pembusukan buah (Ghanei, *et al.*, 2018).

Parameter penelitian yang digunakan untuk seberapa besar penyerangan penyakit dilakukan dengan mengamati buah terinfeksi selama enam hari, selanjutnya, dilihat kondisi morfologi, anatomi, warna buah. Kualitas buah ditentukan dari kadar sukrosa, vitamin C, keasaman dalam dua varietas buah yang digunakan. Penelitian sebelumnya oleh Patience, *et al.*, (2021) menyatakan bahwa kandungan vitamin C dari buah lemon mengalami penurunan kadar vitamin C karena buah yang terinfeksi memberikan 31,37mg/100ml kadar vitamin C dan buah yang tidak terinfeksi memberikan 32,47mg/100ml kadar vitamin C. Jeruk terkontaminasi spora kapang dengan cara bersporulasi di permukaan buah kemudian menginfeksi total dalam kurun waktu 7 hari pascapanen dibawah suhu 25 °C dengan kondisi kelembaban tinggi (Eckert, & Wild, 1983).

Berbagai patogen pascapanen dilaporkan menyebabkan kerugian signifikan pada tahap penyimpanan yang berbeda setelah panen, terhitung hampir 50% limbah dalam buah jeruk (Costa, *et al.*, 2019). Kualitas jeruk pascapanen dan masa simpan buah jeruk dibatasi oleh berbagai penyakit jamur, termasuk kapang biru (*P. italicum*), kapang hijau (*P. digitatum*), busuk asam (*Geotrichum citri-aurantii*), coklat bercak (*Alternaria alternata*), busuk ujung batang (*Diaporthe citri*), dan bercak hitam (*Phyllosticta citricarpa*) (Dwiastuti, *et al.*, 2018). Beberapa fungisida komersial seperti *imazalil*, *prochloraz*, atau *thiabendazole* digunakan untuk mengendalikan penyakit ini. Namun, kekhawatiran masyarakat

meningkat tentang residu kimia pada kesehatan manusia dan pencemaran lingkungan (Chen, *et al.*, 2020).

Kerugian jeruk pascapanen mencapai 90% dari total kerugian pascapanen di seluruh dunia disebabkan oleh kapang hijau dan kapang biru atau *P. digitatum* dan *P. italicum* yang menjadi faktor utama penyebab pembusukan buah terutama di iklim kering dan subtropis (Marcet-Houben, *et al.*, 2012). Memahami proses infeksi dan strategi bagaimana kapang merusak buah pascapanen, seperti pengaruh kadar nutrisi pada buah terkontaminasi kapang adalah langkah penting untuk mengembangkan cara melindungi jeruk dari infeksi kapang agar budidaya jeruk menjadi lebih produktif di dunia dan mengurangi kerugian pascapanen. Sampai saat ini belum ada informasi perkembangan isolat kapang *Penicillium* spp. yang menyebabkan busuk buah pada jeruk di Indonesia dan pengaruh nutrisi yang ada di dalam jeruk terkontaminasi dilihat dari besarnya kerugian dan dampak buruk bagi kesehatan konsumen. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian untuk mengetahui proses perkembangan penyakit 2 isolat penyebab busuk buah pada varietas jeruk berbeda dan mengetahui pengaruhnya pada kualitas buahnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mekanisme perkembangan penyakit oleh *Penicillium* spp. dan kondisi jaringan pada jeruk lemon (*Citrus limon*) dan jeruk manis *Citrus sinensis* (L. Osbeck) pascapanen?
2. Bagaimana pengaruh infeksi dua isolat *Penicillium* spp. pada kualitas buah jeruk lemon (*Citrus limon*) dan jeruk manis *Citrus sinensis* (L. Osbeck) selama periode pascapanen?
3. Apakah dua isolat *Penicillium* spp. yang menginfeksi dua varietas jeruk berbeda spesiesnya?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui mekanisme perkembangan penyakit oleh *Penicillium* spp. dan kondisi jaringan pada jeruk lemon (*Citrus limon*) dan jeruk manis *Citrus sinensis* (L. Osbeck) pascapanen.

2. Mengetahui pengaruh infeksi dua isolat *Penicillium* spp. pada kualitas buah jeruk lemon (*Citrus limon*) dan jeruk manis *Citrus sinensis* (L. Osbeck) selama periode pascapanen
3. Mengetahui dua isolat *Penicillium* spp. yang menginfeksi dua varietas jeruk berbeda spesiesnya.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

1. Terdapat perbedaan perkembangan penyakit akibat dua isolate *Penicillium* spp. dan kondisi jaringan pada varietas jeruk lemon (*Citrus limon*) dan jeruk manis *Citrus sinensis* (L. Osbeck) pascapanen.
2. Pengaruh indeksi dua isolat *Penicillium* spp. menyebabkan penurunan kualitas buah jeruk lemon (*Citrus limon*) dan jeruk manis *Citrus sinensis* (L. Osbeck) selama periode pascapanen.
3. Jenis dua isolat *Penicillium* spp. yang menginfeksi dua varietas jeruk mempunyai spesies yang berbeda.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah:

1. Memberi informasi mengenai mekanisme kerusakan yang timbul akibat infeksi kapang *Penicillium* spp. pada jeruk lemon (*Citrus limon*) dan jeruk manis *Citrus sinensis* (L. Osbeck) pascapanen yang menyebabkan kerusakan.
2. Memberikan informasi mengenai upaya tidak lanjut yang perlu dilakukan dengan penanganan biocontrol yang tepat akibat infeksi kapang *Penicillium* spp. pada jeruk lemon (*Citrus limon*) dan jeruk manis (*Citrus sinensis* (L. Osbeck)) pascapanen yang menyebabkan kerusakan.

1.6 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah:

1. Buah jeruk sehat diambil dari Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika Kota Batu, Jawa Timur pada tahapan inokulasi, isolat buah yang terinfeksi *Penicillium* spp diambil dari Supermarket di Kota Malang yang digunakan untuk isolasi dan kebun lemon Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika Kota Batu, Jawa Timur.

2. Mekanisme perkembangan penyakit dan kondisi jaringan pada jeruk lemon (*Citrus limon*) dan jeruk manis *Citrus sinensis* (L. Osbeck) pascapanen yang menyebabkan kerusakan secara invitro.
3. Parameter pengamatan dengan uji vitamin C, kadar asam, gula, anatomi buah dan jaringan buah jeruk pascapanen.
4. Identifikasi dua isolat yaitu *Penicillium* dari buah jeruk lemon menggunakan pengamatan morfologi (makroskopis dan mikroskopis) dan molekuler.
5. Primer yang digunakan pada penelitian ini adalah ITS1 dan ITS4.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Keanekaragaman Buah dalam Al-Qur'an

Keanekaragaman hayati meliputi berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang menjadi bukti atas kuasa Allah yang telah menciptakan berbagai tumbuhan yang mudah dimanfaatkan oleh manusia dan hewan. Salah satunya keragaman tumbuhan yang ada di bumi seperti yang dijelaskan dalam Al-Qur'an surat Al-An'am ayat 99 yang berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرَجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ أَنْظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ

99. Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.

Takwil firman Allah: *وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ*

(Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak). Abu Ja'far berkata: Allah SWT menyatakan Dialah yang berhak disembah, tidak ada sekutu bagi-Nya. Dialah *Ilah* yang telah menurunkan air dari langit. *فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ* artinya adalah: lantas dengan air itu Kami keluarkan makanan bagi binatang, burung, binatang liar, dan rezeki bagi manusia. Mereka memakannya, lantas tumbuh berkembang". Jadi makna firman Allah SWT *فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ* adalah "Kami mengeluarkan dengannya sesuatu yang menjadikan lainnya berkembang" (Tafsir Ath-Thabari Jilid 17, 2009).

Seandainya ada yang berkata, "Maknanya adalah, "Kami mengeluarkan dengannya ragam tumbuhan," maka itu merupakan pendapat di antara ulama.

Hanya saja, yang benar adalah yang pertama. Firman Allah SWT, فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا artinya adalah, “Lalu dari air itu Kami keluarkan tumbuhan yang hijau segar.” خَضِرَتِ الْأَرْضُ artinya hijau, diungkapkan dalam Bahasa arab خَضِرًا “Bumi itu menghijau.” Adapun lafadz الخَضِرُ artinya adalah sayuran yang masih segar. Diungkapkan dalam Bahasa arab, نَخْلَةٌ خَضِيرَةٌ artinya pohon kurma yang menjatuhkan biji kurma yang belum matang. Lafadz قَدَاخُضِرِ الرَّجُلُ artinya seorang pemuda yang mati dalam keadaan sehat. Diungkapkan pula dalam Bahasa Arab هُوَ لَكَ خَضِيرًا مَضِيرًا artinya “Lelaki tersebut untukmu, (aku memberikannya) dengan senang hati” (Tafsir Ath-Thabari Jilid 17, 2009).

Firman Allah SWT, تَخْرُجُ مِنْهُ حَبًّا مُتْرَاكِبًا “Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak,” maksudnya adalah yang ada dalam tangkai, seperti tangkai gandum, padi, dan lainnya, yang memiliki butir saling menumpuk. Riwayat yang menjelaskan makna tersebut adalah: Muhammad bin Al Husain menceritakan kepadaku, ia berkata: Ahmad bin Mufadhdhal menceritakan kepada Kami, ia berkata: Asbath menceritakan kepada kami dari As-Sudi, tentang firman-Nya, وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ “Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak,” bahwa maksudnya adalah, “ini terdapat dalam tangkai” (Tafsir Ath-Thabari Jilid 17, 2007).

Ayat ini menjelaskan tentang berbagai macam tumbuhan dapat tumbuh atas kuasa Allah, hal ini menandakan tentang adanya keanekaragaman tumbuhan yang bisa di manfaatkan manusia jika mampu melestarikannya. Pentingnya melestarikan keanekaragaman tumbuhan juga akan berdampak pada keberlangsungannya kebutuhan pangan, papan maupun sandang pada manusia. Selain itu keseimbangan ekosistem akan terjaga, sehingga pentingnya pelestarian perlu dilakukan.

Pemanfaatan adanya tumbuhan yang tumbuh subur pada iklim tropis salah satunya adalah buah jeruk. Jeruk adalah buah komersial terpenting yang ada di dunia (Wang, 2020). Pohon jeruk adalah pohon yang tumbuh paling tinggi

menurut jumlah dan umur ekonominya antara 50 sampai 60 tahun (Ghanei, *et al.*, 2018). Indonesia dikenal dengan ragam lokal dan jeruk unggul nasional tersebar di seluruh nusantara dari sabang sampai Merauke, dan memiliki potensi yang bisa dikembangkan dan dimanfaatkan untuk mendukung ketahanan pangan, terutama untuk memenuhi kebutuhan vitamin dan mineral pada masyarakat dengan seiring meningkatnya populasi dari tahun ke tahun (Tolangara, 2020). Secara ekonomi, buah jeruk memiliki produksi terbesar di Indonesia dibandingkan dengan buah-buahan lain dengan produksi jeruk global sekitar 98,3 juta ton, termasuk jeruk keprok, jeruk lemon dan jeruk bali, hal menunjukkan pentingnya ekonomi global dari buah jeruk (Costa, 2019).

Memakan makanan yang banyak mengandung manfaat atau baik dan halal juga dijelaskan dalam hadits sebagai berikut:

عن أَبِي هُرَيْرَةَ قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَا أَيُّهَا النَّاسُ إِنَّ اللَّهَ طَيِّبٌ لَا يَقْبَلُ إِلَّا الطَّيِّبَ إِنَّ اللَّهَ أَمَرَ الْمُؤْمِنِينَ بِمَا أَمَرَ بِهِ الْمُرْسَلِينَ قَالَ { يَا أَيُّهَا الرُّسُلُ كُلُوا مِنَ الطَّيِّبَاتِ وَاعْمَلُوا صَالِحًا إِنِّي بِمَا تَعْمَلُونَ عَلِيمٌ } وَقَالَ { يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا كُلُوا مِن طَيِّبَاتِ مَا رَزَقْنَاكُمْ } قَالَ ثُمَّ ذَكَرَ الرَّجُلَ يُطِيلُ السَّفَرَ أَشْعَثَ أَغْبَرَ يَمُدُّ يَدَيْهِ إِلَى السَّمَاءِ يَا رَبِّ يَا رَبِّ وَمَطْعَمُهُ حَرَامٌ وَمَلْبَسُهُ حَرَامٌ وَمَشْرَبُهُ حَرَامٌ وَعُذِّي بِالْحَرَامِ فَأَنَّى يُسْتَجَابُ لِذَلِكَ

Artinya: "Dari Abu Hurairah ia berkata; Rasulullah Saw bersabda: "Wahai sekalian manusia, sesungguhnya Allah Maha Baik dan hanya menerima yang baik, sesungguhnya Allah memerintahkan kaum mukminin seperti yang diperintahkan kepada para rasul," Dia berfirman: "Wahai para rasul, Makanlah dari yang baik-baik dan berbuatlah kebaikan, sesungguhnya Aku mengetahui yang kalian lakukan." Dia juga berfirman: "Hai orang-orang yang beriman, makanlah yang baik-baik dari rezeki yang Ku berikan padamu." Lalu beliau menyebutkan tentang orang yang memperlama perjalanannya, rambutnya acak-acakan dan berdebu, ia membentangkan tangannya ke langit sambil berdo'a; "Ya Rabb, ya Rabbi," sementara makanannya haram, minumannya haram, pakaiannya haram dan diliputi dengan yang haram, lalu bagaimana akan dikabulkan do'anya?" (HR. ad-Darimi).

Hadis yang diriwayatkan Ad-Damiri ini menjelaskan bahwa kita sebaiknya dianjurkan mengonsumsi makanan yang baik dan halal. Baik dan halal dari hadits ini yaitu mengharuskan kita mengonsumsi makanan yang lebih banyak manfaatnya dan bergizi bagi tubuh, karena ketika kita mengonsumsi makanan

yang baik tentunya akan memberikan manfaat bagi tubuh, begitupun cara mendapatkannya. Ilmuwan muslim pada akhir abad IV (390 H) telah mengadakan penelitian terhadap makanan *halalan thayyiban*, bahwa jenis makanan *halalan thayyiban* itu ada yang menumbuhkan kecerdasan dan membesarkan tubuh jasmani, seperti ilmu gizi mengenai kandungan karbohidrat akan memperkuat fisik dan protein akan menambah kecerdasan (Waharjani, 2015).

2.2 Jeruk

Jeruk menjadi buah yang paling populer di dunia, karena mengandung banyak nutrisi penting untuk kesehatan diantaranya sumber vitamin C yang baik, flavonoid, asam folat, kalium, pektin dan senyawa fenolik. Kebutuhan tubuh dalam menyintesis dan menyimpan asam askorbat dibutuhkan antioksidan yang cukup, karena di dalam tubuh sendiri tidak mampu memproduksi sehingga perlu asupan buah dan sayur. Komposisi lain yang terdapat pada buah jeruk adalah tingginya kandungan air yaitu kisaran 70% sampai 92% namun, tergantung jenis buahnya, selain itu terdapat kandungan asam amino, vitamin, mineral, gula, zat warna, asam organik dan lain sebagainya (Murtando, *et al.*, 2016).

Jeruk dengan berbagai kandungannya tersebut berkontribusi dalam kesehatan manusia dan dapat mencegah penyakit. Penelitian ilmiah telah membuktikan bahwa buah jeruk mampu memperbaiki pola makan manusia dengan adanya berbagai nutrisi penting di dalamnya termasuk vitamin C, flavonoid, fenolik senyawa, karotenoid, asam folat, pektin, kalium, dan serat makanan (Di Vita, *et al*, 2020). Berbagai nutrisi yang terkandung dalam buah jeruk sangat penting dibutuhkan dalam tubuh manusia.

Jeruk memiliki bagian yaitu kulit jeruk yang tersusun dari atas *flavedo* yang merupakan lapisan luar yang tebal dan mengandung banyak minyak atsiri (Sulyanti, *et al.*, 2019). Bagian kulit jeruk terbagi menjadi dua bagian yaitu *albedo* dan *flavedo*. *Flavedo* atau exocarp merupakan lapisan terluar dari buah jeruk yang mengandung pigmen dan kelenjar minyak. *Flavedo* sebagian besar tersusun dari bahan selulosa namun, ada beberapa komponen penyusun lainnya yaitu minyak *esensial*, *steroid*, *lilin paraffin*, *triterpenoid*, *pigmen (karotenoid, klorofil, flavonoid)*, *limonene* yang menyebabkan rasa asam dan enzim. Pada saat buah jeruk matang sel *flavedo* mengandung karotenoid di dalam kromoplas yang

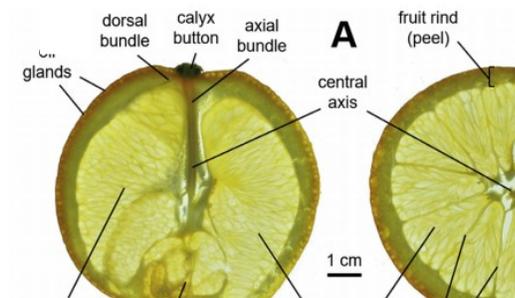
terkandung dalam tahap perkembangan sebelum klorofil. Perkembangan hormon dalam perkembangan buah bertanggung jawab atas perubahan warna buah dari hijau menjadi kuning saat proses pematangan. Bagian internal *flavedo* banyak berbentuk multiseluler bulat atau bentuk *pyriform* yang mengandung banyak minyak esensial. *Albedo* terletak dibagian sebelah *flavedo*, *endocarp* dipisahkan menjadi beberapa bagian yang disebut segmen (Mamma and Paul, 2013).

Lapisan jaringan kulit buah jeruk mulai dari terluar adalah *exocarp* atau *flavedo* dan mesokarp atau *albedo*, bagian terluar yang berwarna adalah *flavedo*, sedangkan *albedo* adalah bagian paling dalam dan tidak berwarna (putih) atau terkadang juga berwarna seperti jeruk bali merah. Bagian jeruk ada *pericarp* yang dibagi menjadi tiga bagian yaitu eksokarp, mesokarp, dan endokarp yang masing-masing terdiri dari lapisan luar, tengah dan dalam (Gambar 2.1). Buah jeruk juga terdiri dari beberapa variable karpel yang menyatu membentuk *lokula* atau segmen yang dikelilingi oleh membran yang agak keras, *endocarp* atau yang dikenal dengan membran segmen atau dinding. Bagian eksternal ke dinding segmen akan memanjang secara radial di antara yang berdekatan dengan segmen adalah *septa* (Tadeo, *et al.*, 2020).

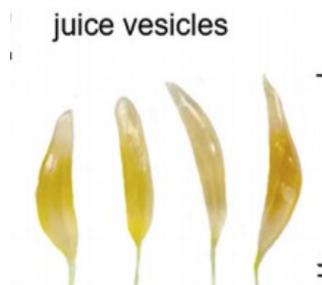
Lapisan dan struktur jaringan eksternal dan internal buah terlihat berbeda dan mudah dibedakan saat dipotong secara longitudinal atau melintang (Gambar 2.1). *Flavedo* terdiri dari satu lapisan sel epidermis dan lapisan *hypodermal* dan *subepidermal*, namun dibagian bawah epidermis, ukuran sel dan ketebalan dinding sel meningkat karena lapisan sel terletak lebih dalam di eksokarp. *Flavedo* adalah jaringan parenkim dengan komplemen normal organel sel yang termasuk plastida. *Flavedo* pada buah jeruk muda akan aktif dalam fotosintesis, meskipun hanya menyumbang sebagian kecil dari perkembangan buahnya. Warna kulit buah berubah secara bertahap dari hijau menjadi orange dengan seiring terjadinya konversi kloroplas menjadi kromoplas yang menghasilkan dan menyimpan karotenoid dalam jumlah besar (Tadeo, *et al.*, 2020).

Bagian yang berdaging dari buah jeruk matang dan dapat dimakan yaitu terdiri dari ruas-ruas yang berisi sari vasikula terdiri dari badan atau kantung/sac vesikula, tangkai/*stalk nonvascular* dan ditemukan juga berupa biji (Gambar 2.2) yang di tutup oleh dinding ruas (Gambar 2.1). Vesikel jus tumbuh memanjang

secara terus menerus selama dua tahap pertama dalam perkembangan buah (Tadeo, *et al.*, 2020).



Gambar 2. 1 Irisan buah jeruk secara longitudinal/ membujur dan transverse/melintang (Tadeo, *et al.*, 2020)



Gambar 2.2 Vesikula atau kantung dan stalk atau tangkai (Tadeo, *et al.*, 2020).

Sel-sel kantung jeruk yang berasal dari bagian antiklinal dan periklinal dari epidermis dan sel subepidermal dari endokarp. Selama pertumbuhan jus vesikula oleh pembelahan sel dan pembesaran sel, tangkai jus *vesikula/ stalk* menunjukkan adanya pusat inti sel memanjang yang saling berhubungan oleh *plasmodesmata* yang melimpah tetapi tanpa meninggalkan bekas struktur vascular (Tadeo, *et al.*, 2020). Kantung sari yang matang terdiri dari lapisan luar yang memanjang, sel *epidermal* dan *hypodermal* yang akan membungkus sel sac berdinding tipis dan memiliki vakuola besar. Vakuola ini berperan untuk penyimpanan molekuler degradasi dan pemeliharaan tekanan turgor (Pocsfalvi, 2018). Sac atau kantung jus adalah struktur yang hanya ditemukan pada buah genus *Citrus*, kantung jus ini tersusun dari beberapa lapis sel yang masing-masing memiliki morfologi yang berbeda. Vesikel primordia muncul dari endokarp yang terus menumpuk kemudian membentuk buah. *Primordia* pada kantung jus akan terlihat sebelum pembuahan dan pembentukan buah, selama perkembangan buah

vakuola pada sel kantung jus menjadi sangat besar dan menempati lebih dari 90% dari total volume sel dan akan melepaskan isinya sebagai *sac*. Pada buah jeruk matang vakuolanya mengandung sekitar 100%, 75%, dan 90% dari total sukrosa seluler, heksosa dan sitrat dari masing-masing buah. *Sac* dianggap sebagai penyerap buah utama yang akan terputus dari sistem vaskular dan berakhir di *albedo*, sehingga laju perkembangan buah dan waktu hingga mencapai pendewasaan buah tergantung pada *Sac* (Sadka, *et al*, 2019).

Jeruk merupakan tanaman asli Asia yang pertama kali ditemukan tumbuh di Negara Cina. Jeruk mampu tumbuh pada daerah tropis dan sub tropis salah satunya jeruk manis yaitu mampu hidup pada daerah tropis dengan ketinggian 900 sampai 1200 meter di atas permukaan laut dengan keadaan udara yang lembab (Murtando, 2016). Konsumsi buah seringkali dalam bentuk olahan di beberapa negara, sedangkan buah jeruk segar lebih sedikit yang dikonsumsi secara langsung. Pertama kali jeruk masuk Amerika yaitu dibawa oleh penjajah Spanyol dan Portugis, kemudian pertama kali terdapat kebun buah ada di Florida dan California sekitar tahun 1655 dan 1769. Sejak saat itu produksi, pengolahan dan perdagangan global buah jeruk semakin meningkat sehingga, menempatkan buah jeruk sebagai buah terpenting di dunia. Buah jeruk dengan banyak rasa, harga terjangkau dan nilai gizi yang banyak menjadikan konsumen semakin sadar akan khasiat dan konsumsi buah jeruk, hal ini juga akan berdampak pada perkembangan ekonomi di negara berkembang dan negara maju (Liu *et al*, 2012).

Jenis buah jeruk di Indonesia sangat banyak dan sudah sering dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia. Jeruk yang umum dibudidayakan di Indonesia adalah jeruk lemon, jeruk nipis, jeruk manis, jeruk keprok, jeruk siam dan jeruk besar. Jeruk yang sering ditemukan di Indonesia dan banyak dibudidayakan adalah jeruk siam mencapai jumlah 70% hingga 80% yang terdapat di pasar Indonesia (Deciana, *et al.*, 2014).

2.2.1 Jeruk Lemon (*Citrus limon*)

Lemon (*Citrus limon* (L.) Osbeck) adalah salah satu tanaman jeruk paling terkenal di dunia. Total produksi hampir 16 juta ton pada tahun 2016, mewakili 12,2% dari total produksi jeruk dunia. Spanyol, dengan 950 ribu ton, merupakan negara keenam dalam hal produksi lemon dan yang kedua dalam hal ekspor,

mendedikasikan dua pertiga produksinya untuk pasar internasional dan menjadi yang kedua setelah Cina (Ochandio, *et al.*, 2019).

Buah lemon memiliki variasi yang banyak seperti ukuran, bentuk, tekstur kulit buah dan kandungan vitaminnya. Buah lemon Assam dan Verna yang berasal dari Spanyol memiliki ciri-ciri ada yang buahnya berbentuk panjang, bulat telur, lonjong dan berukuran sedang hingga besar. Buah Eureka berbentuk kecil sedang dan berbentuk elips atau lonjong, begitupun ada juga lemon berbiji maupun tidak berbiji, *peduncle* menonjol dan besar pada beberapa varietas dan ada juga yang memiliki *peduncle* yang kecil dan bahkan tidak terlihat. Warna kulitnya hijau sampai kuning ketika sudah tua, buah sedikit bergaris, kulit buah tebal, tipis, hingga kasar dan beberapa varietas ada yang halus. Varietas lemon Mayer memiliki kandungan air yang lebih banyak dibandingkan dengan yang lainnya (Ladaniya, 2008).

Lemon dibandingkan dengan jeruk lainnya memiliki keunggulan yaitu mengandung asam askorbat dalam jumlah yang cukup besar (Njoku, *et al.*, 2011). Tubuh manusia tidak dapat mensintesis pasokan asam askorbat sendiri karena tidak memiliki fungsionalitas enzim gulonolakton oksidase untuk katalisis dari langkah terakhir di jalur biosintesis. Jadi, kebutuhan asam askorbat dalam tubuh diperkirakan 90 mg per hari untuk pria dan 75 mg per hari untuk wanita harus diperoleh dari diet. Asam askorbat berkontribusi pada banyak manfaat kesehatan seperti pencegahan penyakit kudis dan kanker, flu, stimulasi penykit sintesis kolagen dan perbaikan proses penyembuhan luka (Di Matteo, *et al.*, 2021).

Klasifikasi jeruk adalah sebagai berikut (Shravan, *et al.*, 2018):

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Dicotyledons
Subkelas	: Sapindales
Ordo	: Rosidae
Famili	: Rutaceae
Subfamili	: Aurantoideae
Genus	: Citrus
Spesies	: <i>Citrus limon</i>

2.2.2 Jeruk Manis *Citrus sinensis* (L. Osbeck)

Citrus sinensis (L. Osbeck) atau jeruk manis berasal dari Asia Tenggara, tetapi dikonsumsi di seluruh dunia sebagai sumber vitamin C yang sangat baik, antioksidan alami yang kuat untuk membangun sistem kekebalan tubuh. Fitokimia penting seperti liminoid, *synephrine*, *hesperidin*, *flavonoid*, polifenol, pektin, dan *folacin*, kalsium, kalium, tiamin, niasin, dan magnesium juga ada. Senyawa ini secara biologis dapat mencegah arteriosklerosis, kanker, batu ginjal, sakit maag dan pengurangan tingkat kolesterol dan darah tinggi yang meningkatkan kesehatan manusia (Etebu & Nwauzoma., 2014).

Jeruk manis rentan terhadap penyakit pascapanen. Pada penelitian sebelumnya, bahwa tingkat kerusakan bervariasi dari 29,9 hingga 43,8% pada jeruk manis dan 25,5 hingga 36,8% keasaman pada jeruk nipis (Oviasogie, *et al.*, 2015). Pada tahun 2009, areal jeruk dunia adalah 9 juta hektar dan produksi jeruk 122,3 juta ton (Statistik FAO) yang merupakan peringkat teratas di antara semua tanaman buah. Di antara 10,9 juta ton (senilai \$9,3 miliar) produk jeruk diperdagangkan pada tahun 2009, jeruk manis menyumbang sekitar 60% dari produksi jeruk untuk konsumsi buah segar dan jus olahan (Statistik FAO) (Xu, *et al.*, 2013).

Klasifikasi jeruk adalah sebagai berikut (ITIS, 2011):

Kingdom : Plantae
 Subkingdom : Viridiplantae
 Infrakingdom : Streptophyta
 Superdivision : Embryophyta
 Divisi : Tracheophyta
 Subdivisi : Spermatophytina
 Kelas : Magnoliopsida
 Superordo : Rosanae
 Ordo : Sapindales
 Famili : Rutaceae
 Genus : Citrus
 Spesies : *Citrus X sinensis* (L.)

2.3 Penyakit yang disebabkan kapang pada buah jeruk

Penyebab kehilangan pascapanen pada buah jeruk antara lain disebabkan oleh mikroba patogen (kebanyakan disebabkan oleh kapang) antara lain adalah kapang biru (*P. italicum*), kapang hijau (*P. digitatum*), busuk asam (*Geotrichum citri-aurantii*), coklat bercak (*Alternaria alternata*), busuk ujung batang (*Diaporthe citri*), dan bercak hitam (*Phyllosticta citricarpa*) (Dwiastuti, 2018). Penyakit yang disebabkan oleh kapang tersebut menyebabkan penyakit busuk buah dengan gejala yang bervariasi antara lain mulai bintik-bintik kecil pada permukaan buah sampai busuk basah pada permukaan dan bagian dalam jaringan buah sehingga buah tidak bisa dikonsumsi. Biasanya struktur hifa atau spora membentuk kecambah dan melakukan penetrasi masuk dalam jaringan tanaman, kemudian hifa memperbanyak diri dan menginvasi ruang antar sel. Perkembangan kapang dalam jaringan buah menggunakan nutrisi dari sel tumbuhan hidup, peristiwa ini disebut biotrofi (Rauwane, *et al.*, 2020).

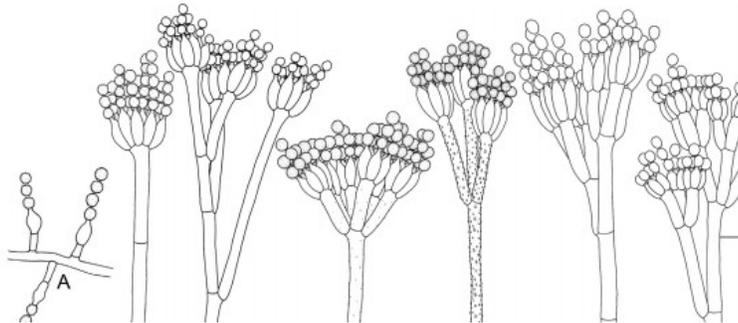
Kebanyakan kapang yang menyerang hasil pertanian termasuk buah jeruk menginfeksi pada saat di lapangan atau fase prapanen. Komoditas pascapanen membawa banyak spora pada waktu dipanen. Pemanenan menyebabkan terjadinya luka pada buah atau sayuran sehingga spora kapang dapat dengan mudah masuk dan berkembang di dalamnya selama penyimpanan. Kerugian terbesar pada jeruk yang disimpan adalah serangan kapang penyebab pembusukan. Keparahan penyakit yang timbul, dapat diperparah dengan adanya peran toksin yang dikeluarkan oleh kapang. Toksin tersebut dapat berupa enzim atau antibiotik yang merusak jaringan tanaman. *P. digitatum* mengeluarkan antibiotik *Penicilin* dalam proses infeksi secara antibiosis (Dwiastuti, *et al.* 2018).

2.4 Penyakit Busuk Hijau (*Penicillium spp.*)

Penyakit busuk buah yang disebabkan oleh kapang *Penicillium spp.* sering ditemukan di tanah daerah budidaya buah jeruk dan selama periode penyimpanan pascapanen. Komoditas utama yang menjadi inang kapang ini adalah genus *Citrus* sebagai ekosistem utamanya. Di samping menyerang jeruk, *P. digitatum* juga telah diisolasi dari sumber makanan lain, seperti hazelnut, kacang pistachio, kacang kola, zaitun hitam, beras, jagung, dan daging, serta sedikit ditemukan pada

kacang tanah, kedelai, dan sorgum di Asia Tenggara (Marcet-Houben, *et al.* 2021).

P. digitatum adalah patogen pascapanen penyebab penyakit kapang hijau, berkontribusi hingga 90% dari total kerugian pascapanen di daerah tropis sub-iklim yang mampu menginfeksi buah jeruk melalui pori-pori dan luka disebabkan oleh faktor lingkungan, atau selama proses panen dan transportasi (Costa, 2019). Spesies yang paling sering menyebabkan pembusukan buah jeruk pascapanen adalah *P. digitatum* (busuk hijau) dan *P. italicum* (busuk biru) yang merusak buah selama penanganan, penyimpanan, hingga terjadi pembusukan buah (Hocking, 2014). *P. digitatum* merupakan patogen utama pascapanen pada buah jeruk yang mampu menembus buah melalui luka pada saat penanganan pascapanen (Lopez-Perez, *et al.*, 2019). Beberapa komunitas mikroba tumbuh di permukaan buah-buahan dan sayuran, seperti bakteri dan ragi, telah ditunjukkan aktivitas antagonis yang signifikan terhadap *P. expansum* (Tolaini, *et al.*, 2010).



Gambar 2.3 Pola percabangan konidiofor diamati pada *Penicillium*. Konidiofor dengan *phialides soliter*. B. *Monoverticillate*. C. *Divariat*. D, E. *Biverticillate*. F. *Terverticillate*. G. *Quaterverticillate*, istilah diatas yang digunakan untuk menggambarkan bagian konidiofor. Skala bilah = 10 μm (Visagie, *et al.*, 2014).

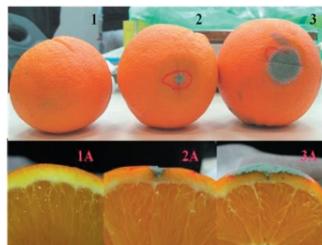
Konidiofor dan *cleistothecium* adalah karakter *Penicillium* sangat penting dalam taksonomi. Konidiofor pola percabangan (Gambar 2.3) secara tradisional digunakan dalam klasifikasi *Penicillium*. Pola percabangan ini tidak sempurna dengan bagian *Penicillium*, namun ciri ini masih dianggap penting. Konidiofor berkisar dari yang sederhana (*phialides soliter*, Gambar. 2.3 A) hingga pola kompleks dengan beberapa tingkat percabangan yang dihasilkan pola simetris

atau asimetris keseluruhan. *Monoverticillate konidiofor* (Gambar. 2.3 B) memiliki lingkaran terminal *phialides* dari beberapa spesies, sel konidiofor sedikit bengkak atau *vesikulat* (Visagie, *et al.*, 2014).

Perkecambahan spora merupakan langkah awal bagi patogen kapang untuk menginfeksi tanaman inang. Konidia adalah spora aseksual yang tumbuh diproduksi secara aktif oleh miselium *P. expansum*. Tiga fase berbeda dari siklus hidup aseksual *Penicillium* termasuk perkecambahan konidial, pertumbuhan vegetatif, dan konidiasi. Pada kondisi yang menguntungkan, konidium berkecambah dan berkembang menjadi individu (Errampalli, 2014).

Gejala buah yang terkontaminasi *Penicillium* spp. pada awalnya, hanya terdapat area kecil berwarna abu-abu yang tidak memiliki batas jelas pada kulit buah. Bercak putih berbentuk lingkaran meluas dengan cepat setelah beberapa hari, kemudian kapang menyebar di permukaan kulit pada bagian tengahnya berwarna lebih tua, spora berkembang memberikan warna hijau khas pada *P. digitatum*. Penyakit karena kapang terjadi saat penyimpanan, kelembaban rendah buah akan cepat rusak, mengkerut dan kering. Spora kapang menyebar dengan bantuan angin dan kontak langsung, dimana kapang menginfeksi melalui luka buah (Plantik, 2021).

Jeruk ketika terinfeksi kapang *P. expansum* mulai membusuk setelah 14 hari pasca inokulasi dan pertumbuhannya terbatas pada daerah inokulasi. *P. expansum* dapat menginfeksi jeruk pada konsentrasi 10^6 konidia MI^{-1} , sedangkan konsentrasi 10^5 atau 10^4 konidia MI^{-1} tidak mampu menginduksi pembusukan, dan gejala penyakit hanya sebatas awal proses infeksi. Jeruk yang diinokulasi dengan *P. expansum* spora terlihat di permukaan buah dan terjadi kerusakan pada kulit jeruk, hal ini karena perlakuan dan cara penyimpanan yang berbeda setelah 14 hari (Gambar 2.4) (Veljovic, *et al.*, 2017).



Gambar 2.4 Morfologi jeruk terinfeksi kapang *P. expansum* setelah 14 hari pengamatan (Veljovic, *et al.*, 2017).

Spesies dalam genus *Penicillium* umumnya tidak menyebabkan penyakit pada manusia. Namun, spesies tertentu dapat menjadi patogen pada paparan jangka panjang serta untuk individu yang mengalami gangguan sistem kekebalan. *P. digitatum* diketahui menyebabkan mikosis pada manusia, meskipun kejadian seperti itu sangat jarang. Orang yang memiliki riwayat pneumonia dan asma dapat berakibat fatal jika terpapar spora patogen di udara setiap hari. Seseorang dengan penyakit paru-paru memiliki antibodi spesifik antigen rendah sehingga mudah terserang penyakit yang disebabkan spora *P. digitatum* (Oshikata, *et al.*, 2012).

Pengendalian penyakit ini dapat dikurangi dengan cara penanganan buah secara hati-hati dan memisahkan antara buah sehat dan buah yang terkena penyakit. Penanganan buah sebelum dan sesudah panen menurut (Brown, *et al.*, 2021) yaitu: pemetikan buah dilakukan hati-hati saat panen, penyimpanan dan saat pengiriman, pisahkan buah yang terinfeksi dari sekitar gudang pengepakan maupun kebun. Jika buah disimpan dalam jangka waktu lama, pastikan buah tersebut didinginkan dengan cepat untuk menghindari perkembangan pembusukan, bungkus buah satu per satu dalam kertas untuk mencegah penyebaran infeksi buah ke buah lainnya selama penyimpanan dan pengangkutan. Fungisidal seperti *Thiabendazole*, *imazalil* dan *bifenil* bisa digunakan untuk penanganan busuk buah jeruk pascapanen. Mencuci dengan air panas juga bisa digunakan untuk mengendalikan lalat buah dan mengurangi infeksi kapang *Penicillium*.

2. 6. Kualitas Buah Jeruk Segar dan Optimal

Kualitas buah jeruk ditentukan oleh beberapa standar tertentu agar dapat diterima konsumen. Standar kelas yang ditetapkan untuk buah jeruk manis didasarkan pada tingkat kematangan buah, keseragam bentuk dan ukuran, intensitas warna, tekstur buah, tidak adanya kerusakan, bebas cacat fisik berupa lecet, bebas dari luka yang terbentuk secara kimiawi, serangga, dan gangguan. Kualitas juga ditentukan oleh kandungan vitamin C yang tinggi, kadar asam rendah, kandungan gula yang tinggi atau rasanya manis, serta warna yang menarik fisiologis (Etebu & Nwauzoma, 2014).

Kadar vitamin dalam buah jeruk dipengaruhi oleh varietas, kultur, kematangan, iklim, kualitas buah, faktor pengolahan, pengemasan dan kondisi penyimpanan. Vitamin C (asam askorbat) dalam jeruk hanya berkontribusi 8,60 % dari total aktivitas antioksidan, pada jeruk bali mengandung sebanyak 8,16 % dan pada lemon sebanyak 6,15 % dari kontribusi utama terhadap antioksidan total buah-buahan yang berasal dari kombinasi fitokimia bukan dari vitamin C saja. Bagian kulit jeruk mengandung vitamin C lebih tinggi daripada bagian dalam jeruk. Konsentrasi vitamin C tertinggi ditemukan dari kulit jeruk lemon. Komponen vitamin C pada bagian jeruk memiliki rata-rata presentase sebanyak 34% pada *flavedo*, *albedo* 19%, pulm dan inti 21% dan jus 26%. Buah yang belum matang memiliki kandungan vitamin C lebih tinggi (Marti, *et al.*, 2009).

Kadar keasaman pada buah (asam sitrat) adalah asam trikarboksilat lemah yang terkonsentrasi secara alami dalam buah jeruk. Asam sitrat sering digunakan sebagai bahan tambahan makanan untuk keasaman dan rasa asam pada makanan dan minuman. Garam sitrat dari berbagai logam digunakan untuk menghantarkan mineral dalam bentuk yang tersedia secara biologis; contohnya termasuk suplemen makanan dan obat-obatan. Di antara buah-buahan, asam sitrat paling terkonsentrasi di lemon dan limau. Jus lemon dan air jeruk nipis merupakan sumber asam sitrat yang kaya, mengandung 1,44 dan 1,38 g/oz dari masing-masing buah (Penniston, *et al.*, 2008).

2.5. Identifikasi Kapang *Penicillium* spp

2.5.1 Identifikasi Berdasarkan Karakter Morfologi

A. Identifikasi morfologi dapat dilakukan secara makroskopis dan makroskopis.

Identifikasi secara makroskopis dengan mengamati gejala yang muncul, perubahan warna buah terserang akan berubah menjadi kehijauan ditutupi oleh spora kapang. Karakteristik morfologi dilakukan setelah satu minggu ciri yang diamati yaitu warna konidial, diameter, pertumbuhan koloni, kehalusan dan tekstur koloni (Saif, *et al.*, 2021). Pengamatan kapang secara makroskopis diidentifikasi berdasarkan karakter koloni yaitu: garis-garis radial dari pusat ke tepi koloni, permukaan koloni, warna koloni, dan lingkaran konsentris koloni (Ristiari, dkk., 2019).

Identifikasi secara mikroskopis dilakukan dengan cara mengamati dibawah mikroskop pada beberapa bagian yaitu konidiofor, percabangan dan panjang konidia (Saif, *et al.*, 2021). Kapang yang tumbuh ditempatkan pada slide, diwarnai dengan *lacto phenol cotton blue* untuk mendeteksi struktur kapang dan ditutup dengan kaca penutup, diamati di bawah mikroskop dan diidentifikasi berdasarkan morfologi (Anwe, *et al.*, 2017).

Identifikasi mikroskopis diamati struktur hifa, bagian-bagian kapang dengan acuan buku identifikasi *Illustrated Genera of Imperfect fungi* (Bennett and Hunter, 1998) dan *Pictorial Atlas of Soil and seed fungi* (2002). Sebagai contoh, *Penicillium digitatum* mempunyai ciri-ciri, yaitu warna koloni hijau, sifat koloni seperti beludru, dan memiliki warna bagian dasar coklat muda. Di alam, *P. digitatum* tumbuh vegetatif berserabut, menghasilkan hifa bersepta kecil dan tidak bersepta dengan diameter 2 μm . Sel hifanya adalah haploid dan memiliki banyak inti yang identik secara genetik. *P. digitatum* bereproduksi dengan cara aseksual melalui produksi spora aseksual atau konidia. Konidia terdapat pada tangkai yang disebut konidiofor yang dapat muncul baik dari hifa udara atau dari jaringan hifa yang tertanam di tanah. Konidiofor biasanya asimetris, struktur halus dengan dinding halus dan tipis. Panjang konidiofor 105 μm , bercabang tingkat 2, berdinding halus, dan berdiameter 2 μm . Memiliki metula dengan ukuran 12,5 x 2,5 μm . Konidia berbentuk silindris, berdinding halus, berwarna kehijauan, berdiameter 3,75 μm , dan memiliki tipe pertumbuhan kolumnar (John, 2009).

2.5.2 Identifikasi Berdasarkan Karakter Molekuler

Identifikasi molekuler dilakukan untuk membedakan antara spesies dan subspecies kapang yang memberikan spesifisitas tinggi. Teknik identifikasi molekuler berdasarkan total ekstraksi DNA memberikan barcode unik untuk penentuan dan identifikasi isolat kapang yang berbeda hingga tingkat spesies. Identifikasi kapang menggunakan teknik molekuler dilakukan sekuensing PCR dari gen 18S rRNA dengan primer universal untuk spesies kapang (Alsohaili, *et al.*, 2018).

Daerah *Internal Transcribed Spacer* (ITS) pada ribosom DNA (rDNA) kapang adalah urutan variabel yang sangat penting dalam membedakan spesies kapang dengan analisis PCR. Primer PCR yang diterbitkan sebelumnya tersedia

untuk memperkuat urutan ITS dari sampel memberikan berbagai tingkat keberhasilan dalam membedakan DNA kapang dengan mempertahankan berbagai kompatibilitas (Martin & Paul, 2005).

Pasangan primer yang digunakan untuk memperkuat wilayah ITS1 adalah (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') dan ITS2 (5'-GCTGCGTTCTTCATCGATGC-3') untuk wilayah ITS penuh adalah ITS1 dan ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'). PCR terdiri dari denaturasi 5 menit pada 94°C diikuti oleh 35-40 siklus (50 detik pada 94°C, 50 detik pada 54°C dan 50 detik pada 72°C) selama 10 menit. Hasil PCR diselesaikan dengan elektroforesis melalui 1.2 % gel agarose pada TAE (2 mmol l⁻¹ EDTA, 80 mmol l⁻¹ Tris-acetate, pH 8.0) dan divisualisasikan dengan pewarnaan GoldView (Zhang., *et al*, 2010).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari hingga September 2021. Isolasi kapang patogen dari buah lemon bertempat di Laboratorium Terpadu di Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Sub Tropik (Balitjestro), Tlekung Junrejo Kota Batu. Tahap sekuensing dilakukan dengan mengirim sampel ke 1st BASE DNA Sequencing Services Malaysia.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: *autoclave*, jarum ose, neraca analitik, mikroskop, *Brix refractometer*, *centrifuge*, *Shaker inkubator*, *Laminar Air Flow*, spatula, erlenmeyer, gelas ukur, gunting, cawan petri, bunsen, korek api, pisau, loop mikrobiologis, alu dan mortal, tabung ependorf, oven, kulkas, tabung reaksi, rak tabung reaksi, kapas, aluminium foil, tissue, kertas saring, UV-microplate, *hemocytometer*, water bath, nanodrop TECAN Plate Reader Infinite M200 PR0, tabung microsentrifus, mikropipet, tube 1.5 mL. Tube PCR, Thermo Cycler, tip, vortex, elektroforesis, Gel DocTM XR Imaging System BIO-RAD, water pass, sisir, cetakan gel, mesin elektroforesis vertikal.

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah jeruk pascapanen, jeruk yang terinfeksi kapang, alkohol 70%, media PDA (*Potato Dextrose Agar*), PDB (*Potato Dextrose Broth*), NaOH, indikator pp, KI (*Kalium iodida*), amilum, antibiotic *streptomycin*, natrium klorida (NaOCl), aquades steril, larutan hipoklorit, etanol 70%, alkohol, aquades, agarose, TBE 1X, Loading dye, PCR MIX (BIOLINE), Primer ITS-1 (BIOLINE) dan ITS-4 (BIOLINE), buffer STES {0,2 M Tris-Cl (PH 7,6), 0,5 M NaCl, 0.01 M EDTA, 0,1% (b/v) SDS}, paraflm, *chloroform*, *isoamylalcohol*, *buffer TE*, *ammonium asetat*, *ethidium bromide*, *NaCl*, *ethanol absolute*.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian eksperimental berbasis laboratorium yang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor pertama adalah

isolat kapang *Penicillium* sp. jenis I dan isolat kapang *Penicillium* sp. jenis II, faktor kedua adalah varietas jeruk lemon dan jeruk manis, setiap perlakuan diulang tiga kali pengulangan, masing-masing ulangan menggunakan lima buah jeruk. Penelitian ini juga termasuk penelitian deskriptif kualitatif, yaitu mengidentifikasi isolat kapang patogen dari buah lemon yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Sub Tropik (Balitjestro), Tlekung Junrejo Kota Batu dan dari supermarket Kota Malang.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan

A. Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi alat dilakukan dengan cara membungkus alat-alat gelas dengan kertas dan dimasukkan ke dalam plastik. Sterilisasi media PDA dengan cara menutup bagian mulut dengan kapas dan kasa kemudian dimasukkan ke dalam plastik. Alat dan bahan disterilisasikan dengan *autoclave* selama 15 menit tekanan suhu 121° C.

B. Pembuatan Media

Media yang digunakan dalam penelitian ini ada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dan media PDB (*Potato Dextrose Broth*). Pembuatan media PDA dilakukan dengan menghomogenkan 39 g PDA ke dalam 1000 mL aquades steril, untuk media PDA dilakukan dengan menghomogenkan 39 g ke dalam 1000 mL aquades kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dimasak hingga larut, kemudian ditutup dengan kapas dan aluminium foil. Sterilisasi dengan *autoclave* selama 15 menit pada suhu 121°C (Waluyo, 2010). Media PDA steril di angkat dari *autoclave* ditunggu hingga tidak terlalu panas kemudian ditambahkan *antibiotic streptomycin* (200 ml/L⁻¹) dan dituangkan ke dalam cawan petri untuk media PDA dan dituang ke dalam erlenmeyer 10 mL untuk media PDB. Media disimpan dalam lemari pendingin.

C. Isolasi Kapang pada Jeruk

Dikumpulkan buah jeruk yang terinfeksi kapang pada bagian kulit buah yang terlihat bercak warna hitam atau hijau. Jeruk dibungkus plastik dari masing-masing buah dan diletakkan dalam kulkas sebelum diisolasi. Buah yang terinfeksi beserta bagian sehat disterilkan permukaannya dengan larutan asam klorida 0,1%

selama 2 menit. Potong-potong bagian kulit jeruk menggunakan pisau dan gunting pada bagian yang terinfeksi kapang. Potongan dicuci secara menyeluruh dalam aquades steril sebanyak tiga kali ulangan, kemudian setiap potongan dipindahkan ke cawan petri yang sudah berisi media PDA. Diinkubasi pada suhu kamar selama 5-7 hari (Barwant and Lavhate, 2020).

D. Pemurnian Dua Isolat Kapang Terseleksi

Penicillium dikultur pada cawan petri yang berisi media PDA kemudian di inkubasi pada suhu 25 °C. Suspensi konidia dibuat dengan mengambil spora dari kultur yang sudah berumur 2 hingga 3 hari menggunakan loop bakteriologis dan ditambahkan aquades steril. Spora di endapkan dengan cara di sentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm selama 5 menit. Disuspensi kembali dengan aquades steril untuk menghilangkan nutrisi yang tersisa, kemudian disesuaikan spora akhir yang di dapatkan dengan *hemocytometer*. Spora atau koloni diambil dari generasi ke tiga untuk suspensi spora, kemudian dibuat konsentrasi suspensi spora 1×10^6 sel/ml disterilisasikan dengan destilasi H₂O (Li, 2020).

3.4.2 Perlakuan

1. Uji Perkembangan Penyakit Buah Jeruk yang Terinfeksi *penicillium* spp. Berbeda

a. Inokulasi Kapang pada Jeruk

Disiapkan buah jeruk lemon dan jeruk manis, setelah panen disimpan pada suhu penyimpanan optimal yang sesuai. Sebelum inokulasi, buah dicuci bersih dengan air ledeng dan disterilkan dengan cara dibasahi dengan larutan air hipoklorit 0,05% selama 2 menit. Buah yang digunakan untuk preparasi cakram kulit juga disterilkan permukaannya dengan menyeka dengan etanol 70%. Dilukai setiap buah jeruk dengan menusuk hingga kedalaman 5,0 mm dan berdiameter 1,25 mm, kemudian dimasukkan 20 µl aquades steril dipipet ke setiap luka sebagai perlakuan kontrol. Diisolasi *Penicillium* sp. dengan 20 µl dari 150 konidia per ml suspensi *Penicillium* sp. dan di pipet ke bagian yang telah dilukai. Buah yang telah di inokulasi diinkubasi pada suhu ruang 20-25°C dalam wadah steril.

b. Intensitas Serangan Penyakit pada Buah Jeruk

Pengukuran intensitas penyakit setiap buah diukur dengan tingkat keparahan penyakit menurut skala berikut (Chen, *et al.*, 2016): 0 = tidak ada

gejala; 1 = kurang dari 25% dari permukaan buah menunjukkan gejala; 2 = 26%-50% dari permukaan buah menunjukkan gejala; 3 = lebih dari 50% terlihat gejala dengan jelas di permukaan buah setiap hari selama enam hari. Persentase keparahan penyakit dihitung dari peringkat penyakit dengan (Rumus 3.1) (Chen, *et al.*, 2016):

$$\text{Tingkat keparahan penyakit (\%)} = \frac{\sum \text{no skala} \times \text{jumlah buah}}{\text{total buah} \times 3} \times 100$$

c. Morfologi Jeruk

Pengamatan morfologi buah jeruk dilakukan setelah pengamatan selama enam hari selesai dengan cara membuat irisan melintang dan membujur dari tiga perlakuan dan dua varietas. Jeruk manis dan jeruk lemon dipotong menggunakan pisau tajam, selanjutnya di foto jeruk untuk dokumentasi dan hasil dilihat ketebalan kulit buah.

d. Irisan Anatomi Jeruk

Pengamatan irisan jeruk manis dan jeruk lemon dilakukan dengan mengambil bagian kulit buah yang telah diberi perlakuan dengan cutter tajam dan diambil bagian dengan setipis mungkin. Preparat irisan jeruk sehat dan jeruk terkontaminasi kapang selanjutnya diletakkan di objek glass, kemudian preparat dilakukan pewarnaan dengan safranin. Preparat diamati bagian kutikula, epidermis, kelenjar minyak, batang kelenjar minyak, sel albedo dan kapang yang masuk ke jaringan buah dibawah mikroskop dengan perbesaran 400X.

2. Uji Kualitas Buah Terinfeksi *Penicillium spp.*

a. Warna Buah

Pengamatan warna buah dilakukan dengan alat *Color Chart Royal Horticultural Society*. Pengamatan dilakukan dengan menempelkan kartu sesuai warna yang ada pada permukaan buah jeruk lemon dan jeruk manis yang sudah diberi perlakuan, selanjutnya ditulis skor yang tertera di kartu sesuai dengan warna. Kemudian dilakukan perhitungan dengan melihat kode pengamatan dari parameter (L^* (*darkness to lightness*), a^* (*redness to greenness*), dan b^* (*yellowness to blueness*)) di website <http://rhscf.orgfree.com/c.html> pada bagian *turquoise-green* dan *brown-grey*. Dimasukkan kode dari masing-masing pengamatan, hingga diperoleh skor kemudian dilakukan uji Anova tukey.

b. Kadar Sukrosa

Pengujian kadar gula sukrosa pada buah jeruk dilakukan dengan *refractometer* pertama diambil buah setelah diinokulasi, kedua semua jeruk dipotong menjadi tiga bagian yaitu ujung, tengah dan pangkal, kemudian diperas dari masing-masing bagian buah, selanjutnya diteteskan setiap potongan buah pada *refractometer* dengan satuan *brix*. Tempat pengujian sampel dari pergantian setiap potongan buah dicuci menggunakan aquades steril, agar diperoleh hasil akurat. Dicatat nilai *brix*.

c. Deteksi Vitamin C

Pengujian kadar vitamin C dilakukan dengan metode titrasi iodimetri (titrasi langsung). Pengukuran kadar vitamin C pertama dilakukan dengan membuat larutan iodine 0,01 N (ditimbang 0,6345 g iodine dan 2 g KI, kemudian dimasukkan dalam gelas beker dan ditambahkan aquades sebanyak 100 ml, diaduk hingga larut), larutan tersebut dimasukkan dalam gelas labu ukur 500 ml dan ditambahkan aquades sampai tanda batas dan dihomogenkan. Pembuatan larutan amilum 1% yaitu dengan cara menimbang sebanyak 1 gr amilum dilarutkan dalam aquades hingga volume 100 ml, kemudian larutan dipanaskan hingga bening. Analisis kadar vitamin C dilakukan dengan memeras jeruk manis dan jeruk lemon, kemudian disaring. Hasil perasan diencerkan dengan aquades hingga 100 ml. Sampel jeruk yang sudah diencerkan diambil 25 ml dan dimasukkan dalam erlenmeyer dan ditambahkan indikator amilum 1%, kemudian dititrasi dengan larutan iodine 0,001 N hingga terjadi perubahan warna dari bening menjadi biru (Fitriana dan Ardhistia, 2020). Ditulis nilai v_0 dan v_1 dari larutan NaOH yang sudah terpakai dari pipet ukur. Dihitung hasil titrasi menggunakan (Rumus 3.2) sebagai berikut:

$$\text{Vit. C (mg/100g)} = \frac{(V I \times 0.88 \times F_p) \times 100}{W_s \text{ (gram)}}$$

$V I_2$ = Volume Iodium (mL)

0,088 = 0,88 mg asam askorbat setara dengan 1 mL larutan L_2 0,001 N

F_p = Faktor Pengenceran

W_s = Berat sampel (gram)

Perhitungan kadar vitamin C dihitung menggunakan standarisasi larutan iodine yaitu 1 ml iodine = 0,88 mg vitamin C (Syafutri, dkk., 2006).

d. Kadar Keasaman

Pengujian kadar keasaman dilakukan dengan metode titrasi iodimetri (titrasi langsung). Pengukuran kadar keasaman pertama dilakukan dengan membuat larutan NaOH (ditimbang 0,4 gr serbuk NaOH, kemudian dimasukkan dalam gelas beker dan ditambahkan aquades sebanyak 100 ml lalu dihomogenkan). Pembuatan larutan indikator pp yaitu dengan cara menimbang sebanyak 0,1 gr indikator pp dilarutkan dalam aquades 10 ml dan 5 ml alkohol 96% kemudian larutan dipanaskan hingga bening. Analisis kadar keasaman dilakukan dengan memeras jeruk manis dan jeruk lemon, kemudian disaring. Hasil perasan diencerkan dengan aquades hingga 100 ml. Sampel jeruk yang sudah diencerkan diambil 25 ml dan dimasukkan dalam Erlenmeyer, ditambahkan indikator pp sebanyak 2-3 tetes, kemudian dititrasi dengan larutan NaOH hingga terjadi perubahan warna merah muda, dicatat nilai v_0 dan v_1 dari larutan NaOH yang sudah terpakai. Dihitung hasil titrasi (Kamaluddin, dkk., 2018) menggunakan (Rumus 3.3) sebagai berikut:

$$\text{TAT (\%)} = \frac{(\text{ml NaOH} \times N \text{ NaOH} \times F_p) \times 100\%}{W_s \text{ (gram)}}$$

mL NaOH = Jumlah larutan NaOH untuk titrasi (ml)

N = Normalitas NaOH

Fp = Faktor Pengenceran

W s = Berat sampel (gram)

3. Identifikasi Isolat *Penicillium*

Identifikasi bertujuan untuk mengetahui karakter kapang sehingga diketahui jenisnya. Identifikasi dilakukan dengan tiga tahapan yaitu karakterisasi morfologi makroskopis, mikroskopis dan molekuler.

A. Karakterisasi Morfologi

a. Karakterisasi Makroskopis

Karakteristik morfologi dilakukan setelah satu minggu kapang ditumbuhkan pada media PDA. Ciri makroskopis adalah diamati warna konidial, diameter, pertumbuhan koloni, dan tekstur koloni (Saif, *et al.*, 2021).

b. Karakterisasi Mikroskopis

Kultur yang sudah berumur satu minggu dilakukan karakterisasi mikroskopis dengan cara diambil miselia menggunakan jarum ose dan diletakkan di objek glass lalu ditambahkan pewarna *lacto phenol cotton blue* dan ditutup dengan cover glass, kemudian diamati dibawah mikroskop 400X. Pengamatan mikroskop diamati pertumbuhan hifa, diameter, warna koloni, konidiospora, bentuk konidia dan panjang konidia (Saif, *et al.*, 2021).

B. Identifikasi Molekuler

a. Ekstraksi DNA

Ekstraksi DNA menggunakan metode buffer STES. Isolat kapang di tumbuhkan pada media PDB selama 10 hari. Diambil miselium dengan menyaring menggunakan kertas saring. Miselium diletakkan pada mortar dan dituangkan nitrogen cair dan digerus hingga halus. Diambil bubuk kapang yang sudah halus ke dalam tabung Eppendorf dan ditambahkan buffer STES 500 µl ke dalam setiap sampel. Larutan dihomogenkan dengan menggunakan *vortex*. Sampel dipanaskan dalam waterbath dengan suhu 65 °C selama 2 jam (setiap 10 menit diambil sampel dan divortex) yang berfungsi untuk mengaktifkan buffer. Sampel disentrifugasi dengan kecepatan 13.000 rpm selama 10 menit. Supernatan (bagian bening) diambil 300 µl dengan mikropipet dan dipindahkan ke dalam tabung Eppendorf baru. Ditambahkan CI kloroform dan isoamyl alcohol sesuai jumlah supernatant dengan perbandingan CI (24:1). Sampel dihomogenkan dengan cara digoyangkan ke atas dan ke bawah. Sampel disentrifugasi 13.000 rpm selama 5 menit. Supernatant diambil 300 µl dan dipindahkan ke tabung Eppendorf baru. Ditambahkan CI sebanyak jumlah sampel dan dihomogenkan. Sampel disentrifugasi 13.000 selama 5 menit. Supernatant diambil sebanyak 250 µl dan dipindahkan ke tabung Eppendorf baru. Kemudian ditambahkan ammonium asetat 0,1kali volume sampel dan etanol absolut 2,5 kali volume sampel. Dihomogenkan

dengan cara dibolak balik 10-20 kali dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu -20 °C. setelah 24 jam tube disentrifugasi dengan kecepatan 13.000 rpm selama 15 menit. Pellet yang didapatkan kemudian dicuci dengan etanol 70% sebanyak 500 µl. Tube disentrifugasi dengan kecepatan 13.000 rpm selama 10 menit. Pellet yang di dapatkan dikeringanginkan selama 24 jam dan ditambahkan buffer TE sebanyak 20 µl lalu disimpan pada suhu -20 °C.

b. Uji Kualitas DNA

Kualitas DNA divalidasi dengan 1% (v/v) elektroforesis gel agarose. Elektroforesis dilakukan dengan menyiapkan cetakan gel untuk membuat gel elektroforesis. Gel agarose dibuat dengan konsentrasi 1% yang dilarutkan 40 ml buffer TBE 1X. Pertama dilakukan dengan menimbang 0,4 gr bubuk agarose dan dilarutkan dengan 40 ml buffer TBE 1X. Larutan gel agarose di masukkan dalam erlemeyer dan dimasak menggunakan hot plate hingga mendidih. Gel agarose yang sudah mendidih dengan kondisi hangat-hangat kuku ditambahkan 2 µl EtBr kemudian dituangkan ke dalam cetakan yang dilengkapi sisir tempat aplikasi sampel dan dibiarkan hingga mengeras pada suhu ruang. Gel dan cetakan kemudian dimasukkan ke dalam mesin elektroforesis, kemudian direndam buffer TBE 1X. Sampel hasil isolasi dimasukkan dalam sumuran gel agarose sebanyak 3 µl pada sumur kedua, kemudian ditambahkan DNA penanda atau marker 1 kb sebanyak 1 µl campuran hingga tercampur dengan *loading dye* 2 µl pada sumur pertama menggunakan mikro pipet. Setelah semua sampel dan marker sebagai (blanko) gel agarose dimasukkan mesin elektroforesis ditutup bejana, dialiri listrik pada tegangan 50 Volt selama 60 menit. Gel hasil elektroforesis kemudian diamati dengan Gel DocTM XR Imaging System BIO-RAD.

c. Uji Kuantitas DNA

Uji kualitas DNA menggunakan nanodrop TECAN Plate Reader Infinite M200 PRO. Disiapkan mikropipet, tip putih, sampel, tissue dan alkohol. Dimasukkan blank 1 µl yaitu buffer TE ke dalam cetakan nanodrop pada dua kolom pertama kemudian dimasukkan sampel 1 µl ke dalam cetakan nanodrop di nomor tiga hingga semua sampel dimasukkan. Pengukuran dilakukan dengan absorbansi pada panjang gelombang (260 nm dan 280 nm) dan (260 nm dan 230 nm). Kemudian cetakan dimasukkan ke dalam mesin nanodrop secara otomatis

dan nilai kemurnian DNA akan keluar di dalam komputer yang telah tersambung nanodrop.

Kemurnian DNA ditentukan oleh kontaminasi senyawa selain DNA yang terkandung dalam larutan. Metode molekuler DNA berdasarkan *Polymerase Chain Reaction* (PCR) membutuhkan kualitas DNA tinggi untuk identifikasi berkualitas tinggi. Kepadatan (OD) rasio (A260/A280) telah distandarisasi untuk mengukur kemurnian DNA yang baik yaitu kisaran 1,8-2,0 (Sulassih, *et al.*, 2020). Rasio $\sim 1,8$ diterima secara umum dikatakan murni DNA. Jika rasionya jauh lebih rendah ($\leq 1,6$) maka mungkin menunjukkan adanya protein, fenol, atau lainnya kontaminan yang menyerap kuat pada atau dekat 280 nm (Lucena-Aguilar, *et al.*, 2016). Kemurnian isolat DNA dinilai berdasarkan rasio absorbansi A260/A280 dan A260/A230. Nilai 1,8 menunjukkan DNA murni, nilai yang lebih rendah menunjukkan kontaminasi protein, dan nilai yang lebih tinggi dari 2,0 menunjukkan kontaminasi RNA. Rasio absorbansi yang terakhir harus lebih tinggi dari 1,5 dan idealnya mendekati atau sama dengan 1,8 (Fialova, *et al.*, 2020).

d. Amplifikasi DNA

Amplifikasi *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dilakukan dengan primer ITS DNA yaitu ITS1 dan ITS4 (tabel 3.1) (Demissie, *et al.*, 2019):

Tabel 3.1 Skuens Primer

Primer	Gen Primer
ITS1	TCCGTAGGTGAACCTGCGG
ITS4	TCCTCCGCTTATTGATATGC

Amplifikasi gen ITS pada penelitian ini menggunakan kit PCR mix (myTaq HB Red Mix bioline). Total volume PCR yang digunakan sebanyak 25 μ l dengan komposisi sebagai berikut (Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Komposisi bahan dan volume amplifikasi DNA

Bahan	Jumlah
Primer ITS1 (<i>forward</i>)	1
Primer ITS4 (<i>Reverse</i>)	1
PCR mix (dNTPs (2.5 mM, 10x buffer PCR, 2,5 Taq DNA polymerase	6
ddH2O	15

DNA Template	2
--------------	---

PCR dilakukan dengan menggunakan My Cycler™ Cycler BIO-RAD Thermo Cycler mengikuti prosedur standar (Tabel 3.3)

Tabel 3.3 Prosedur PCR

Tahap	Suhu	Waktu	Siklus
Pra-denaturasi	95	2'	1x
Denaturasi	94	30''	35x
Anneling	56	1'	35x
Extensi	72	2'	35x
Final Ekstensi	72	8'	1x

Tahap selanjutnya produk PCR ini dianalisis pada elektroforesis menggunakan 1% (v/v) gel agarose yang menggunakan mesin elektroforesis pada 50 volt, selama 60 menit. Gel dicampur dengan etidium bromida sebagai pewarna dan band divisualisasi pada Gel Doc™ XR Imaging System BIO-RAD.

e. Squensing dan Analisis DNA

Purifikasi ampilkon dilakukan di PT. Genetika Science Indonesia, sedangkan *cycle sequencing* dan pengumpulan data sekuen dilakukan di 1st BASE DNA Sequencing Services Malaysia. Data hasil sekuensing selanjutnya dibaca dengan sequence Scanner 1.0. kecocokan *ITS* dengan *Query* yang diperoleh dari *Gene Bank* diketahui dengan program BLAST pada NCBI (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>). Program bioedit version 7.25 digunakan untuk melihat perubahan basa nukleotida yang terjadi, sedangkan analisis contig DNA menggunakan program BioEdit version 7.2.5 yang berfungsi untuk memperoleh sekuens parsial gen ITS yang utuh. Tahapan selanjutnya dilakukan pensejajaran sekuens isolat yang diperoleh dengan kapang pembanding dan kapang patogen yang diperoleh dari GenBank NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), selanjutnya sekuens disejajarkan dengan program ClustalW, dengan memilih *output* berupa file dengan format *Clustal*, *FASTA*, dan *Phydit*. Ada beberapa paket perangkat lunak yang menghasilkan penjajaran urutan

nukleotida seperti CLUSTA W, Muscle, Dialign, MAFFT, dan T-Coffee. Namun, semua program ini menghasilkan keselarasan yang harus diperiksa dan diedit secara manual untuk akurasi (Sanchez-Villeda, *et al.*, 2008).

File FASTA hasil penyejajaran dengan ClustalW di import ke dalam program MEGA 6.0 untuk mencari model substitusi terbaik (*best-fit substitution model*) untuk analisis pohon filogenetik. Didapatkan model substitusi terbaik, selanjutnya dibuat pohon filogenetik dengan menggunakan metode algoritma *Neighbor Joining* (NJ) dengan 1000 *Bootstrap* berdasarkan *p-distance*.

3.5 Analisis data

Analisis data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan analisis anova dan diuji lanjut dengan tukey test.

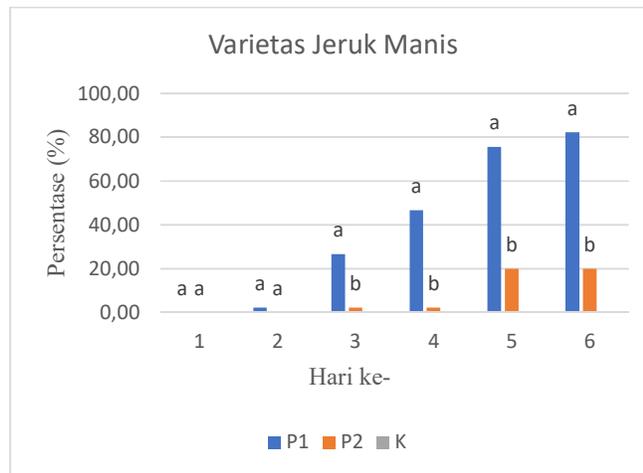
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Persentase Intensitas Serangan Penyakit

Intensitas serangan kapang terhadap jeruk lemon dan manis yang telah diamati setiap hari selama enam hari terus meningkat. Perlakuan *Penicillium* P1 (Gambar 4.1) menimbulkan serangan dengan intensitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian perlakuan *Penicillium* P2. Perlakuan kontrol tanpa inokulasi isolat *Penicillium* pada jeruk manis (Gambar 4.1) tidak ada pertumbuhan kapang selama pengamatan, namun pada jeruk lemon menunjukkan terjadi kontaminasi patogen (Gambar 4.2). Lemon pascapanen merupakan buah yang rentan diserang oleh patogen karena kandungan nutrisi dan buah jeruk yang paling sensitif. Menurut Ochandio, *et al.*, (2019) lemon adalah buah jeruk yang paling sensitif terhadap kongelasi, sedangkan menurut Perez, *et al.*, (2016) menyatakan bahwa lemon pascapanen rentan diserang oleh patogen atau parasit saprofit, karena kandungan air dan nutrisinya yang tinggi, dan kandungan asam organiknya cukup untuk menghasilkan pH lebih rendah sebagai pendukung perkembangan kapang.

Buah yang terinfeksi dari hari pertama perlakuan hingga enam hari dihitung dengan rumus (lampiran 3) dari (Chen, *et al.*, 2016). Pada hari ke-3, 4, 5 dan 6 yang diberi perlakuan kapang *Penicillium* P1 dan *Penicillium* P2 sangat berbeda dengan kontrol pada varietas manis (Gambar 4.1). *Penicillium* P1 dari kedua varietas menunjukkan persentase yang tinggi, karena kapang tumbuh cepat dan dapat menginfeksi setelah 24 jam. Hasil penelitian ini menunjukkan terjadinya infeksi lebih cepat dari hasil sebelumnya yang dilaporkan oleh Zhang, *et al.*, (2020) menyatakan bahwa konidia dari *P. digitatum* berkecambah, nutrisi dilepaskan dari bagian yang rusak untuk permukaan buah, yang menandai awal dari siklus penyakit. Pertumbuhan kapang tumbuh cepat dengan infeksi dalam 48 jam dan gejala awal muncul dalam waktu 3 hari pada 24 °C. Kelembaban di permukaan meningkat dengan meningkatnya miselia putih, yang akhirnya berubah menjadi spora dengan munculnya produksi konidia.

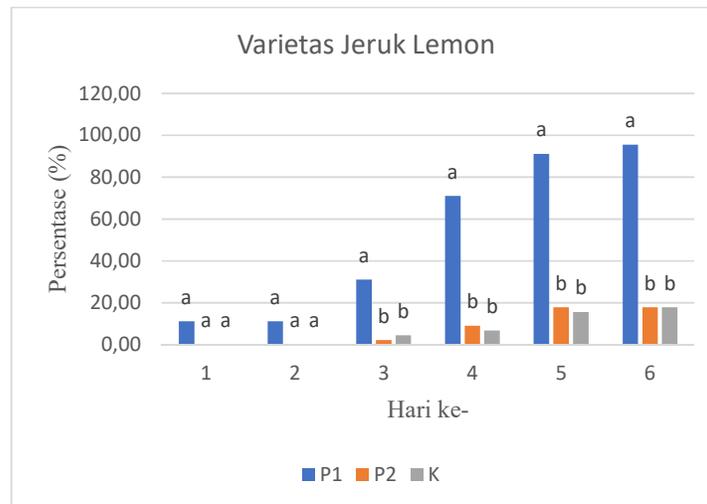


Gambar 4.1 Diagram batang intensitas penyerangan pada jeruk manis

Tabel 4.1 Hasil intensitas penyerangan pada jeruk manis

Perlakuan	Hari ke					
	1	2	3	4	5	6
P1	0.00 ^a	2.22 ^a	26.67 ^b	46.67 ^b	75.56 ^c	82.22 ^c
P2	0.00 ^a	0.00 ^a	2.22 ^a	2.22 ^a	20.00 ^b	20.00 ^b
K	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a

Pada hari ke-1 dan 2 (Gambar 4.3) yang diberi perlakuan kapang *Penicillium* P1 dan *Penicillium* P2 tidak berbeda nyata dengan kontrol pada varietas lemon. Hal ini disebabkan karena pertumbuhan kapang yang lebih cepat pada jeruk lemon dan rentan terhadap pertumbuhan kapang patogen daripada dengan jeruk manis. Pada hari ke-3, 4, dan 5 (Gambar 4.2) menunjukkan berbeda nyata antara perlakuan kapang *Penicillium* P1 dengan kontrol dan *Penicillium* P2. Hal ini dipengaruhi oleh adanya pertumbuhan kapang pada kontrol varietas manis. *Penicillium* P1 menunjukkan virulensi yang lebih tinggi daripada *Penicillium* P2, menurut Parisa, *et al.*, (2017) menyatakan bahwa *P. digitatum* mampu bertahan hidup di kebun dari musim ke musim terutama dalam bentuk konidia dan menyebabkan infeksi pada buah ketika terdapat luka atau cacat karena spora di udara.

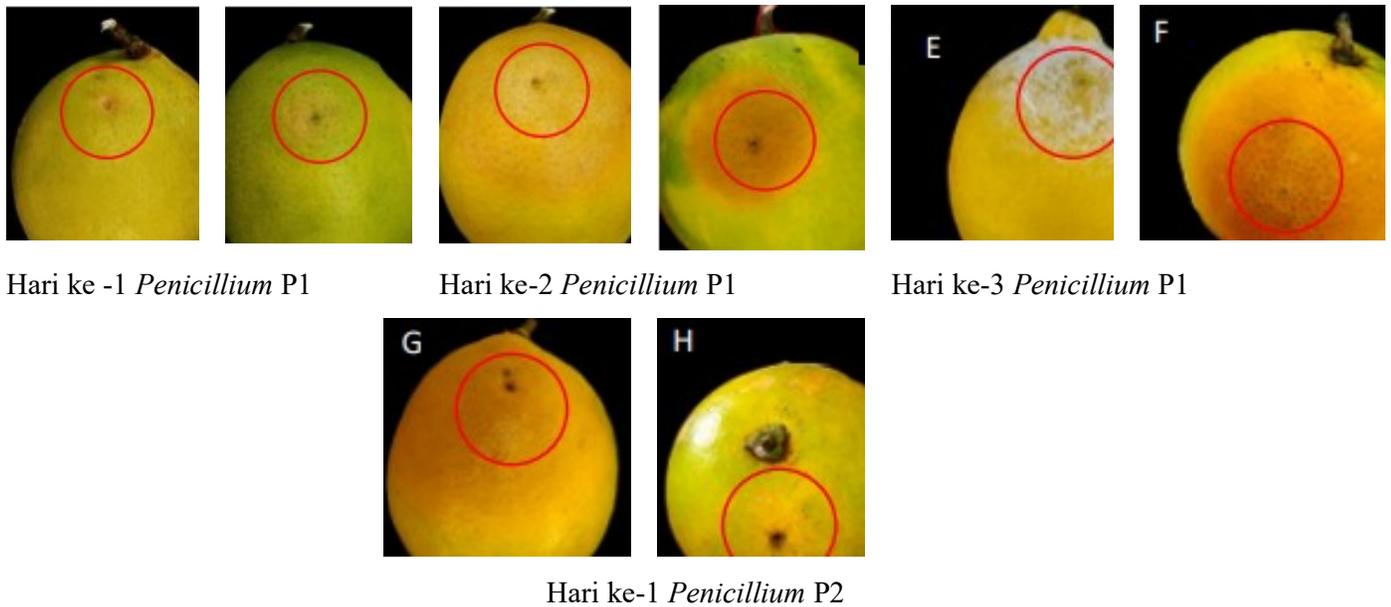


Gambar 4.2 Diagram batang intensitas penyerangan pada jeruk lemon

Tabel 4.2 Hasil intensitas penyerangan pada jeruk lemon

Perlakuan	Hari ke-					
	1	2	3	4	5	6
P1	11.11 ^a	11.11 ^a	31.11 ^b	71.11 ^b	91.11 ^b	95.56 ^b
P2	0.00 ^a	0.00 ^a	2.22 ^a	8.89 ^a	17.78 ^a	17.78 ^a
K	0.00 ^a	0.00 ^a	4.44 ^a	6.67 ^a	15.56 ^a	17.78 ^a

Perlakuan yang dilakukan menyebabkan perubahan signifikan setiap hari mulai dari bagian inokulasi (Gambar 4.3 A, B, C, D, E, dan F) menunjukkan adanya perubahan dalam 24 jam setelah perlakuan yang mana pertumbuhan jamur pertama diawali dengan berwarna coklat (Gambar 4.3 A dan B) berada dibagian luka dan menyebar diseluruh permukaan jeruk. Pada hari ke-2 warna coklat terus melebar semakin luas (Gambar C dan D), hingga pada hari ke-3 menunjukkan spora kapang terlihat berwarna putih disekitar luka pada permukaan buah. Hal ini seperti yang dinyatakan oleh Louw & Korsten (2015) menyatakan bahwa tanda-tanda pertama pertumbuhan miselium *P. digitatum* dan *P. italicum* dan sporulasi terdeteksi pada hari keempat hingga kelima di hampir semua kultivar yang diinokulasi dan hanya terdeteksi sebelumnya (hari ketiga).



Gambar 4.3 Hasil pengamatan intensitas serangan penyakit pada buah (A, C, E, G jeruk lemon), (B, D, F, H, jeruk manis).

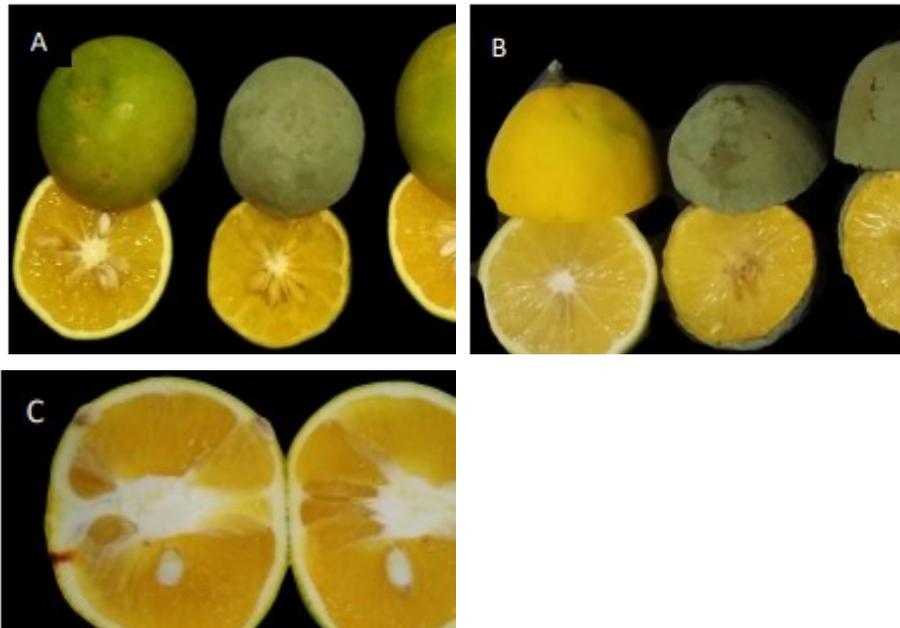
Pada (Gambar 4.3 G dan H) menunjukkan permulaan pertumbuhan *Penicillium P2* yaitu pada hari ke-3 setelah perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa *Penicillium P2* lebih lambat daripada *Penicillium P1* dari kedua varietas yang digunakan. Pertumbuhan kapang *P. citrinum* tidak cukup baik jika tumbuh pada suhu ruang. Menurut Heperkan, *et al.*, (2009) menyatakan bahwa suhu optimum untuk pertumbuhan *P. citrinum* dalam media kultur adalah 30°C dan pH kisaran 2-10.

4.1.1 Morfologi Jeruk

Morfologi buah jeruk yang terinfeksi kapang menunjukkan perubahan yang signifikan dengan pertama terdapat warna kecoklatan terhadap luka, selanjutnya timbul bercak putih disekitar luka dan menyebar diseluruh permukaan buah. Bercak putih ini adalah hifa yang tumbuh dan terus menyebar di permukaan buah jeruk seperti (Gambar 4.4 B). Menurut Ngolong Ngea, *et al.*, (2021) menyatakan bahwa secara konkret, warna buah-buahan sebagian besar kecenderungan untuk berubah menjadi hitam atau coklat, tergantung pada warna buah asli. Infeksi kapang selain menyebabkan perubahan warna juga terjadi perubahan pada tingkat yang berbeda secara keseluruhan yaitu kualitas buah,

seperti perubahan warna dan penampakkannya, tekstur dan, pengurangan nilai gizi buah.

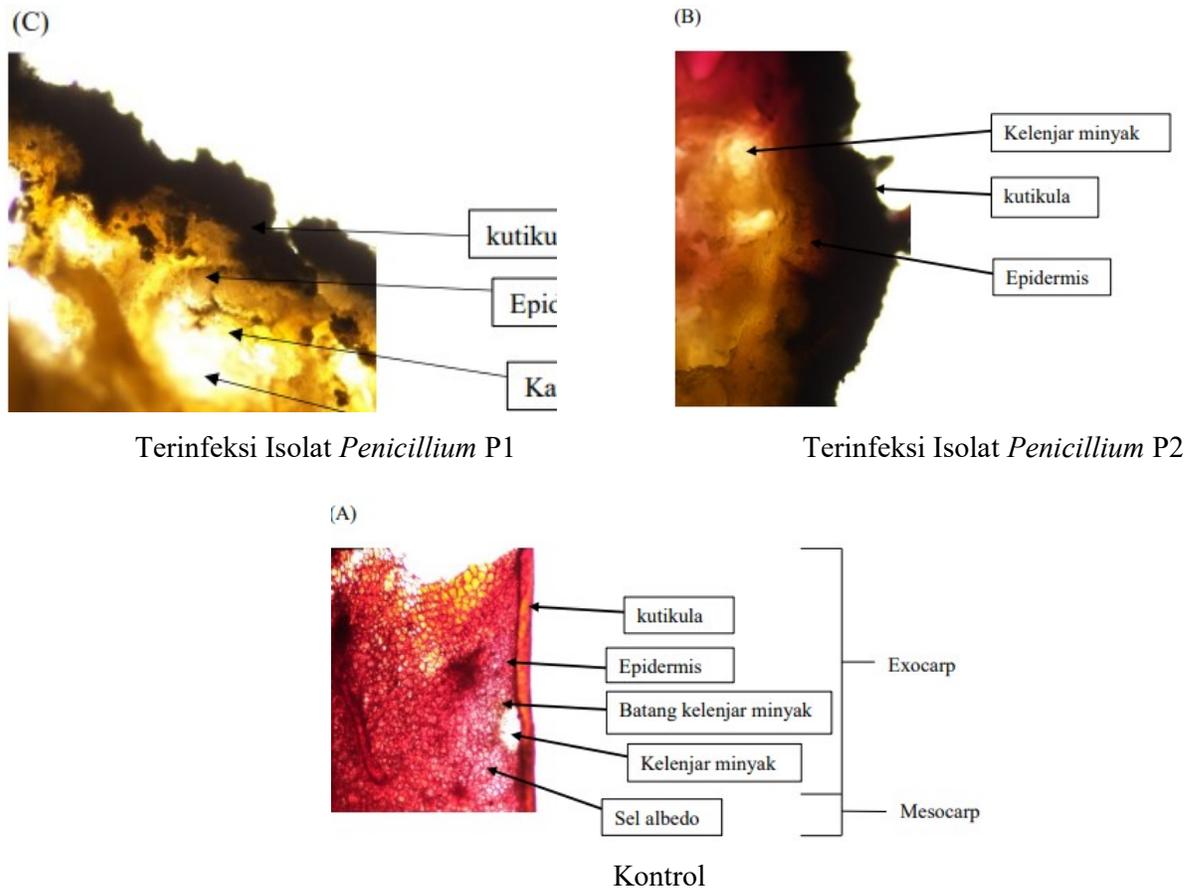
Pengamatan morfologi irisan horizontal jeruk manis (Gambar 4.4 A) menunjukkan perbedaan dari perlakuan kapang P1, P2 dan kontrol. Perbedaan terlihat dari bagian kulit yang semakin tipis ketika terinfeksi kapang, sedangkan pada kontrol (negatif) masih sehat dan terlihat tebal (Gambar 4.4 A). Perbedaan yang tidak terinfeksi kapang namun diinduksi kapang terlihat bagus disebabkan karena kapang tidak bisa menembus jaringan buah (Gambar 4.4 C) karena kulit buah terlalu tebal. Pengamatan pada buah lemon yang terinfeksi kapang menunjukkan daging buah hancur dan bagian kulit sangat tipis dengan ketebalan 1,4 cm (Gambar 4.4 B). Perbedaan morfologi bagian buah yang terinfeksi kapang dan sehat menunjukkan perbedaan yang signifikan mulai dari pelunakan jaringan buah jeruk. Menurut Ngolong Ngea, *et al.*, (2020) menyatakan bahwa buah yang terserang kapang akan mengalami pelemahan sistem pertahanan, pelunakan jaringan dan peningkatan produksi etilen.



Gambar 4.4 A) Gejala serangan busuk buah pada varietas Manis kontrol tanpa perlakuan, terinfeksi isolat *Penicillium* P1 dan *Penicillium* P2 pada hari ke-6. B) Gejala serangan busuk buah pada varietas Lemon kontrol tanpa perlakuan, terinfeksi isolat *Penicillium* P1 dan *Penicillium* P2 pada hari ke-6. C) Terinfeksi isolat *Penicillium* P2.

4.1.2 Anatomi Irisan Kulit Buah

Hasil pengamatan anatomi irisan kulit buah pengamatan dibawah mikroskop dilakukan pengirisan kulit jeruk dilakukan setipis mungkin pada jeruk sebelum dan sesudah terinfeksi kapang diperlihatkan oleh (Gambar 4.6)



Gambar 4.5 Pengamatan irisan melintang anatomi jeruk dibawah mikroskop 400X. Perubahan jaringan buah terinfeksi isolat *Penicillium* P1, isolat *Penicillium* P1 dan kontrol.

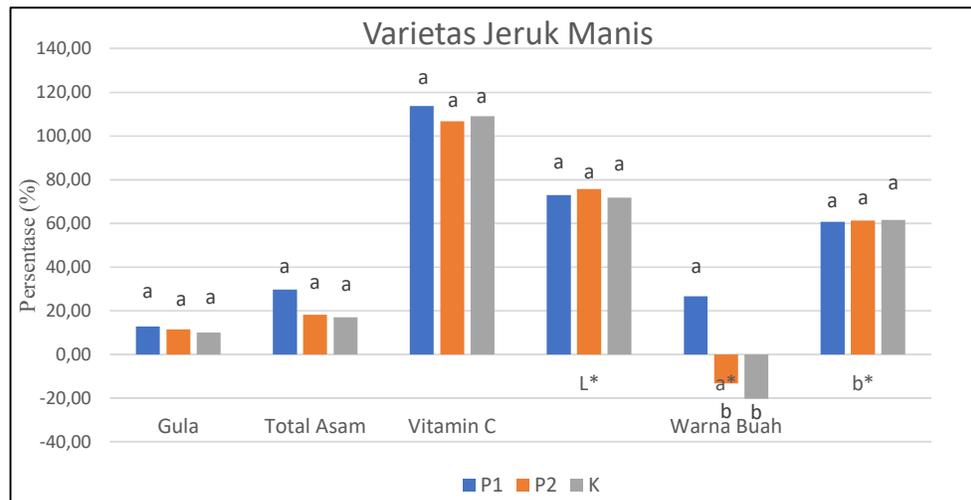
(Gambar 4.5) menunjukkan adanya perbedaan perubahan secara anatomi irisan kulit jeruk terinfeksi kapang dengan yang tidak terinfeksi (Gambar 4.5 A). Pada bagian yang belum terinfeksi menunjukkan adanya kutikula, epidermis, batang kelenjar minyak dan kelenjar minyak yang merupakan bagian dari eksocarp, bagian dari mesocarp hanya terdiri dari sel albedo. Pengamatan ini berdasarkan pengamatan Van Der merwe (2005) menyatakan bahwa bagian eksocarp buah jeruk terdiri kutikula, epidermis, batang kelenjar minyak dan kelenjar minyak, sedangkan bagian dari mesocarp adalah sel albedo. Hal ini

menunjukkan bahwa perbedaan irisan melintang anatomi buah terjadi perubahan yang besar dibandingkan dengan buah yang terinfeksi menunjukkan bagian kutikula sudah dipenuhi oleh kapang dan bagian sel tidak terlihat, tidak bisa dibedakan antara eksocarp dan mesocarp karena terjadi kerusakan dibagian dalam maupun luar buah.

Jeruk yang terinfeksi kapang isolat *Penicillium* P1 (Gambar 4.5 C) menunjukkan perbedaan dengan jeruk yang terinfeksi kapang *Penicillium* P2 (Gambar 4.5 B). Pada *Penicillium* P2 menunjukkan jaringan terstruktur dengan adanya tiga bagian yaitu kutikula, kelenjar minyak dan epidermis sedangkan pada *Penicillium* P1 menunjukkan bagian dengan adanya kapang berbentuk hifa menembus kelenjar minyak dan semua bagian buah rusak. Kapang menyerang buah dilakukan dengan masuk melalui kutikula kemudian menembus jaringan minyak dan sel albedo. Menurut Prusky & Sionov, (2021) menyatakan bahwa patogen dapat menembus tanaman pascapanen secara langsung melalui luka selama masa panen, atau melalui kutikula. Kerusakan buah ini terjadi karena mekanisme patogenitas menurut Sánchez-Torres, P. (2021) menyatakan bahwa *P. digitatum* meluas di kelenjar minyak melalui luka kulit buah, kemudian mengambil nutrisi yang mendorong perkecambahan konidia. Titik awal infeksi adalah permukaan kulit terlihat lebih lunak dan berair, suhu yang sesuai dan kondisi optimal hal ini akan memudahkan kapang untuk berkembang yang menimbulkan munculnya miselium putih, kemudian berubah warna hijau khas hingga terdapat konidia. Menurut Yang, *et al.*, (2019) proses pertumbuhan *P. digitatum* secara umum terjadi beberapa tahap yaitu perkecambahan spora, pertumbuhan tabung *germinal*, diferensiasi batang konidiofor, dan pembentukan fialida dan munculnya konidia baru.

4.2 Pengaruh Kualitas Buah Terinfeksi

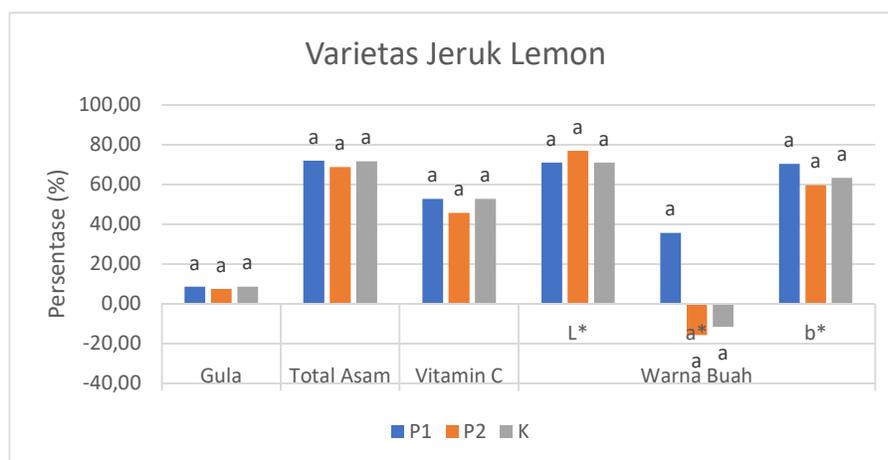
Kualitas kadar buah ditentukan dengan beberapa pengujian diantaranya sebagai berikut:



Gambar 4.6 Diagram hasil kualitas buah jeruk manis berdasarkan kadar gula, total asam, vitamin C dan warna buah.

Tabel 4.3 Hasil uji kualitas buah jeruk manis berdasarkan kadar gula, total asam, vitamin C dan warna buah

Perlakuan	Gula (sukrosa)	Total Asam	Vitamin C	Warna Buah		
				L*	a*	b*
P1	12.74 ^a	29.67 ^a	113.80 ^a	73.00 ^a	26.67 ^a	60.67 ^a
P2	11.53 ^a	18.13 ^a	106.77 ^a	75.67 ^a	-13.33 ^b	61.33 ^a
K	9.94 ^a	16.93 ^a	109.10 ^a	71.67 ^a	-20.33 ^b	61.67 ^a



Gambar 4.7 Diagram hasil kualitas buah jeruk lemon berdasarkan kadar gula, total asam, vitamin C dan warna buah.

Tabel 4.4 Hasil uji kualitas buah jeruk lemon berdasarkan kadar gula, total asam, vitamin C dan warna buah

Perlakuan	Gula (sukrosa)	Total Asam	Vitamin C	Warna Buah		
				L*	a*	b*
P1	8.50 ^a	72.00 ^a	52.77 ^a	71.00 ^a	35.67 ^a	70.33 ^a
P2	7.43 ^a	68.67 ^a	45.73 ^a	77.00 ^a	-15.67 ^a	59.67 ^a
K	8.54 ^a	71.67 ^a	52.77 ^a	71.00 ^a	-11.67 ^a	63.33 ^a

4.2.1 Warna Buah

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan pengamatan permukaan warna buah jeruk menggunakan *Color Chart Royal Horticultural Society* yang mana jeruk yang sudah di inokulasi telah berumur dua minggu. Perubahan warna ini terjadi ketika jeruk pascapanen dapat mengalami perubahan warna semakin matang jika diletakkan di ruang terbuka. Perubahan warna terjadi juga karena sudah terputusnya pemberian nutrisi dari tanaman jeruk ke buah jeruk, secara umum perubahan warna ini tidak signifikan namun sangat terlihat dan bisa mempengaruhi kadar nutrisi di dalamnya. Menurut Rokaya, *et al.*, (2016) menyatakan bahwa perkembangan warna dari sebelum panen dan pascapanen perkembangan warna berkaitan dengan hilangnya tekstur, peningkatan kadar gula dan penurunan keasaman. Penurunan asam askorbat (vitamin C) dapat disebabkan oleh hilangnya asam L-askorbat secara enzimatis di mana ia diubah menjadi *2-3-dioxy-L-gluconic acid*.

Parameter yang digunakan dalam pengamatan warna yang menggunakan metode *Color Chart Royal Horticultural Society* dengan parameter) L* (*darkness to lightness*), a* (*redness to greenness*), dan b* (*yellowness to blueness*). Data yang diperoleh dari pengamatan menunjukkan tidak berbeda pemberian perlakuan *Penicillium P1*, *Penicillium P2* dan kontrol pada varietas lemon (Tabel 4.5). Pada varietas manis menunjukkan berbeda nyata dari pemberian *Penicillium P1* dengan kontrol, sedangkan pemberian *Penicillium P2* tidak berbeda nyata dengan kontrol

dari notasi a* (Tabel 4.4). Menurut Post & Schlautman, (2020) menyatakan bahwa jika nilai p yang lebih kecil artinya bahwa secara statistik ada korelasi signifikan antara pengukuran yang dihasilkan dengan nilai identifikasi RHS yang cocok.

Perubahan warna buah dilihat dari perhari setelah perlakuan hingga hari ke enam seperti ada di (*Lampiran 3*) yang menunjukkan adanya perubahan warna dan pertumbuhan kapang semakin lama semakin meningkat pertumbuhannya pada permukaan buah. Kapang merusak jaringan kulit bagian luar akan menyebabkan rusaknya klorofil pada kulit buah dan buah tidak akan berwarna hijau lagi. Hal ini diperkuat oleh Poerwanto & Suketi, (2016) menyatakan bahwa warna kulit buah tampak jingga kekuningan disebabkan karena rusaknya klorofil dan terakumulasinya karotenoid pada kulit buah. Hilangnya klorofil pada kulit buah diakibatkan meningkatnya aktifitas klorofilase yang menguraikan klorofil menjadi bagian fitol dan inti profirin sehingga kulit jeruk tidak berwarna hijau lagi.

4.2.2 Hasil Uji Kadar Sukrosa

Hasil rata-rata pengukuran kadar sukrosa jeruk manis dan lemon diperlihatkan oleh tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil rata-rata uji kadar gula pada jeruk manis dan lemon

Perlakuan	Varietas	Rerata (°brix)
P. digitatum	Jeruk Lemon	8.5
P. citrinum		7.4
Kontrol (-)		8.5
P. digitatum	Jeruk Manis	12.7
P. citrinum		11.5
Kontrol (-)		9.9

Pengujian kadar gula dilakukan menggunakan alat *refractometer* digital dengan cara memasukkan air perasan jeruk lemon dan manis yang telah diberi perlakuan diambil dengan cara dipotong di tiga bagian yaitu ujung tengah dan pangkal dibagian yang telah ditentukan, setiap pergantian sampel alat dibersihkan dengan aquades steril. Menurut Misto & Mulyono, (2017) pengukuran kadar gula dilakukan dengan meneteskan cairan yang akan diuji ke salah satu bagian *refractometer* yang merupakan alat pengukuran yang lebih sederhana. Berdasarkan pengujian kadar gula yang dilakukan ada tiga bagian buah yang diuji kadar gula ini memiliki kadar gula yang berbeda hal ini dipengaruhi tingkat

kematangan dari ketiga bagian buah dan jenis buah. Menurut Bermejo & Cano (2012) mengatakan bahwa gula merupakan komponen padatan terlarut penting pada jeruk dan rasa manis menjadi nilai tinggi pada komposisi gulanya, sukrosa fruktosa dan glukosa merupakan gula utama yang ada di buah jeruk.

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada (Tabel 4.5) diperoleh hasil pengukuran kadar gula terendah yaitu 7,4 °brix ditunjukkan pada hasil dari jeruk lemon dengan perlakuan pemberian *P. citrinum* sedangkan kadar gula tertinggi yaitu 12.7 °brix ditunjukkan pada (Tabel 4.5) dengan perlakuan pemberian *P. digitatum* pada jeruk lemon. Hal ini seperti hasil pengujian keasaman yaitu tidak berpengaruh pada perlakuan. Menurut Poerwanto & Suketi, (2016) menyatakan bahwa standar kematangan jeruk untuk daerah tropika yaitu memiliki nilai °brix berkisar antara 9 sampai 10 dan masih berwarna hijau pada saat matang fisiologis.

Data yang diperoleh menunjukkan perubahan pada perlakuan dan varietas, rata-rata semua perlakuan pada jeruk lemon menunjukkan rata-rata lebih rendah dari pada rata-rata jeruk manis. Hal ini menandakan bahwa pada jeruk lemon menunjukkan kadar gula yang lebih rendah dari pada jeruk manis. Data pada (Tabel 4.3 dan Tabel 4.4) menunjukkan tidak berbeda nyata dari perlakuan yang dilakukan dengan pemberian *Penicillium P1*, *Penicillium P2* dan kontrol pada jeruk lemon dan jeruk manis. Kadar gula yang terkandung dalam buah termasuk dalam golongan sukrosa karena skala °brix dari *refractometer* sama dengan berat gram sukrosa dari 100 g larutan sukrosa. Menurut Ihsan & Wahyudi (2010) menyatakan bahwa daging buah yang manis menunjukkan kadar sukrosa yang tinggi dan rasa buah yang kurang manis menunjukkan kadar sukrosa rendah, sehingga rasa manis daging buah dipengaruhi oleh sukrosa. Satuan skala dalam pembacaan *refractometer* adalah °brix yang digunakan untuk kandungan padatan terlarut. Skala °brix dari *refractometer* sama dengan berat gram sukrosa dari 100 g larutan sukrosa. Jika yang diamati adalah daging buah, skala ini menunjukkan berat gram sukrosa dari 100 g daging buah.

Perlakuan dengan *P. digitatum* menunjukkan hasil rata-rata tertinggi daripada hasil perlakuan *P. citrinum* dan kontrol. Pengaruh pemberian kapang akan meningkatkan kadar gula jika dibandingkan dengan kontrol hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak kapang dalam buah maka kadar gula akan

meningkat karena gula berfungsi sebagai faktor patogenisitas kapang. Kadar gula mempengaruhi pertumbuhan kapang karena sebagai penentu interaksi antara inang dan patogen buah. Menurut Ziv, *et al.*, (2020) menyatakan bahwa kadar gula buah adalah muncul sebagai penentu penting yang mempengaruhi interaksi inang-patogen pascapanen. Ketika gula buah memodulasi ekspresi dan sekresi faktor patogenisitas oleh kapang, gula juga berfungsi sebagai nutrisi karbon untuk patogen sehingga meningkatkan patogenisitasnya. Kadar gula yang lebih tinggi dalam buah akan meningkatkan virulensi kapang patogen pascapanen, sehingga dapat disimpulkan bahwa ketersediaan sumber karbon merupakan faktor penting dalam memodulasi interaksi patogen.

4.2.3 Hasil Uji Kadar Vitamin C

Hasil rata-rata pengukuran vitamin C jeruk manis dan jeruk lemon diperlihatkan oleh tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil rata-rata uji kadar vitamin C pada jeruk manis dan jeruk lemon

Perlakuan	Varietas	Rerata (%)
<i>P. digitatum</i>	Jeruk Lemon	52.7
<i>P. citrinum</i>		45.7
Kontrol (-)		52.7
<i>P. digitatum</i>	Jeruk Manis	113.8
<i>P. citrinum</i>		106.7
Kontrol (-)		109.1

Berdasarkan pengujian pada (Tabel 4.6) diperoleh hasil pengukuran kadar vitamin C, metode yang digunakan yaitu titrasi dengan hasil kandungan vitamin C yang memiliki rata-rata tertinggi yaitu 113.8% pada jeruk manis dengan perlakuan pemberian *P. digitatum*. Data pada (Tabel 4.3 dan Tabel 4.4) menunjukkan tidak berbeda nyata dari perlakuan yang dilakukan dengan pemberian *Penicillium P1*, *Penicillium P2* dan kontrol pada jeruk lemon dan jeruk manis. Perlakuan *P. digitatum* menunjukkan rata-rata tertinggi pada jeruk manis begitupun dengan semua perlakuan. Jeruk lemon cenderung menunjukkan nilai rata-rata vitamin C yang rendah. Hal ini dapat disimpulkan bahwa varietas sangat berpengaruh pada kadar vitamin C dari setiap perlakuan. Buah yang terinfeksi kapang akan semakin tinggi kadar vitamin C seperti yang ditunjukkan oleh (Tabel 4.6) dari perlakuan *P. digitatum* dengan rata-rata kapang mampu tumbuh memenuhi permukaan buah.

Menurut Rodrigues, (2020) menyatakan bahwa kadar Vitamin C pada buah-buahan mengalami penurunan karena kapang pasca panen.

Hasil rata-rata vitamin tertinggi yaitu pada jeruk lemon daripada jeruk manis. Hasil penelitian ini cenderung lebih tinggi dibandingkan penelitian Aurelia, dkk., (2011) yang melaporkan kandungan asam askorbat jus lemon 54,74 mg/100 ml dan jeruk jus 39,25 mg/ 100 ml dengan menggunakan voltametri dilakukan di *Elektroda Pasta Karbon*, sedangkan dalam penelitian Shrestha, *et al.*, (2016) asam askorbat rata-rata jus lemon ditemukan sekitar 34,8 mg/100 ml dan jus jeruk pahit yang terkandung sekitar 29,89 mg/100 ml. Perbedaan kadar vitamin C dari setiap jeruk lemon mengalami perbedaan karena beberapa faktor penyebabnya seperti kematangan dan kondisi lingkungannya. Dioha, *et al.*, (2011) menyatakan bahwa yang mungkin mempengaruhi kadar vitamin C (asam askorbat) dalam buah-buahan meliputi iklim, suhu dan nutrisi tanah, komposisi jaringan tumbuhan selama pertumbuhan dan perkembangan juga ditentukan oleh suhu yang bervariasi dari daerah ke daerah.

Berdasarkan jenis dan manfaatnya buah dapat bermanfaat bagi tubuh manusia, dan berbagai macam tumbuhan mampu tumbuh atas izin Allah. Tumbuhan dengan berbagai jenis telah diciptakan Allah agar manusia berfikir untuk memanfaatkannya. Allah berfirman dalam surah Asy-Syu'ara ayat 7 dan 8:

أَو لَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ كَرِيمٍ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً وَمَا كَانَ أَكْثَرُهُمْ مُؤْمِنِينَ

7. Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?

8. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat suatu tanda kekuasaan Allah. Dan kebanyakan mereka tidak beriman.

Ayat diatas menjelaskan tentang berbagai macam tumbuhan, menurut (tafsir Al-Qurthubi) menjelaskan bahwa Allah memperingatkan akan keagungan dan kekuasaan-Nya, bahwa jika mereka melihat dengan hati dan mata mereka niscaya mereka mengetahui bahwa Allah adalah yang terbaik untuk disembah, karena Maha Kuasa atas segala sesuatu. *Az-zauj* adalah warna. Demikian yang dikatakan oleh Al- Farra'. كَرِيمٍ artinya baik dan mulia. Adapun asal kata *al karam* dalam bahasa Arab adalah *al fadhil* (keutamaan). *Nakhlah kariimah* artinya kurma

yang unggul dan banyak buahnya. *Rajukun karimun* artinya mulia, unggul, dan suka memanfaatkan. *Nabatat al ardhu* dan *anbatat* artinya sama yaitu menumbuhkan dan ini telah dijelaskan dalam surah Al Baqarah. Ayat tersebut menjelaskan tentang lebih cenderung dalam ranah ayat muamalah yang mana mu'amalah sendiri memiliki arti suara perkara yang mengatur hubungan antar sesama manusia baik individu maupun kelompok yang saling memberikan manfaat. Hal ini berkaitan dengan ayat diatas bahwa hasil penelitian akan bermanfaat bagi orang lain tentang kandungan buah yang tidak terkontaminasi kapang sehingga perlu memperhatikan bagaimana kondisi buah tersebut sebelum dimanfaatkan.

Allah SWT yang mengeluarkan dan menumbuhkan. Diriwayatkan dari Asy-Sya'bi bahwa dia berkata, "Manusia termasuk dari tumbuhan bumi. Maka orang yang masuk surge dari mereka adalah orang yang mulia, dan orang yang masuk ke dalam neraka adalah orang yang tercela".

إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً ^ص “*Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat suatu tanda kekuasaan Allah*” maksudnya adalah dalam hal apa yang disebutkan, seperti tumbuh-tumbuhan yang ada di bumi untuk menunjukkan bahwa Allah Maha Kuasa dan tidak bisa dikalahkan oleh siapapun. وَمَا كَانَ أَكْثَرُهُمْ ^ص “*Dan kebanyakan mereka tidak beriman,*” maksudnya adalah, mereka membenarkan tentang apa yang mereka ketahui tentang dia di tengah mereka. كَانَ ^ص disini *shilah* menurut pendapat Sibawaih, dan makna perkiraanya وَمَا كَانَ أَكْثَرُهُمْ ^ص *مُؤْمِنِينَ*.

Abu Muhammad Ja'far Muhammad bin Jarir al-Tabari dalam kitab tafsirannya al-Tabari menjelaskan bahwa *zauj* disini berarti bermacam-macam pasangan tumbuhan yang telah ditumbuhkan oleh Allah setelah bumi itu mati dan tidak ada tumbuhan di dalamnya. Tumbuhan diciptakan Allah dengan berbagai macamnya supaya kita mampu memanfaatkan dengan baik, dan berfikir atas kuasa Allah SWT. Berbagai buah tentunya banyak mengandung banyak manfaat jika dipelihara dan dalam keadaan baik tidak terkontaminasi mikroorganisme. Berfikir dengan berbagai penciptaan Allah SWT menambahkan rasa syukur dan memperkuat keimanan

4.2.4 Hasil Uji Kadar Keasaman

Hasil rata-rata pengukuran kadar keasaman jeruk manis dan lemon diperlihatkan oleh tabel 4.7

Tabel 4.7 Hasil rata-rata kadar keasaman dari jeruk manis dan lemon

Perlakuan	Varietas	Rerata (%)
<i>P. digitatum</i>	Jeruk Lemon	72
<i>P. citrinum</i>		68.6
Kontrol (-)		71.6
<i>P. digitatum</i>	Jeruk Manis	29.6
<i>P. citrinum</i>		18.1
Kontrol (-)		16.9

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pengukuran kadar keasaman pada jeruk lemon dan jeruk manis menunjukkan rata-rata tertinggi pada jeruk lemon (Tabel 4.7). Data pada (Tabel 4.3 dan Tabel 4.4) menunjukkan tidak berbeda nyata dari perlakuan yang dilakukan dengan pemberian *Penicillium P1*, *Penicillium P2* dan kontrol pada jeruk lemon dan jeruk manis. Kadar keasaman buah berbeda-beda yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya kematangan, lingkungan, cuaca dan jenis buahnya. Menurut Karadeniz (2004) kandungan asam dalam jus memainkan peran penting dalam menentukan kualitas varietas serta indeks kematangan buah.

Buah lemon lebih tinggi terinfeksi kapang dalam pengujian kadar asam, sehingga menunjukkan hasil kadar asam tertinggi pada lemon karena kapang menghasilkan asam untuk menghancurkan jaringan buah. Menurut Vylkova, (2017) menyatakan bahwa kapang golongan *Penicillium spp.* mengeluarkan asam terutama asam glukonat dan asam sitrat, menghasilkan asam ini bertujuan untuk merusak jaringan inang, asam yang dihasilkan tidak hanya mengasamkan jaringan tetapi juga dapat menurunkan aktivitas oksigen reaktif yang dihasilkan oleh inang.

Hasil rata-rata uji kadar keasaman menunjukkan bahwa jeruk lemon memiliki kadar keasaman yang tinggi Hal ini dibuktikan dari penelitian Karadeniz, (2004) menunjukkan bahwa kandungan asam tertinggi terdapat pada jus lemon. Kadar asam pada buah jeruk yang utama adalah asam sitrat dan asam

malat, beberapa tambahan seperti asam tartarat, oksalat dan suksinat. Jeruk manis, yang memiliki keasaman terendah, menunjukkan tidak ada perbedaan dalam hal asam sitrat, pH, dapat dititrasi keasaman atau total padatan terlarut.

Kadar rata-rata pengujian asam pada semua varietas menunjukkan jika diinokulasi kapang akan meningkatkan kadar asam, jika dibandingkan dengan kontrol (Tabel 4.7), tinggi rendahnya kadar asam menunjukkan kualitas dan kondisi buah. Menurut Kayode & Afolayan, (2014) menyatakan bahwa konsentrasi kadar asam yang sangat rendah atau tinggi kandungannya dalam buah-buahan menggambarkan kualitas yang buruk dan tidak direkomendasikan menjadi buah yang baik.

4.3 Kapang Patogen Hasil Isolasi Jeruk Lemon

Kapang patogen berhasil diisolasi dan diidentifikasi dari dua jeruk lemon (*Citrus limon*) yang berbeda yaitu berasal dari supermarket daerah malang dan dari perkebunan jeruk lemon di Balitjestro, sehingga ditemukan dua isolat yang memiliki karakteristik berbeda. Dua isolat ini diberikan kode P1 dan P2. Karakter morfologi dari masing-masing isolat berbeda karena beberapa faktor, diantaranya dipengaruhi oleh suhu pertumbuhan, kelembapan, substrat dan pH lingkungan. Menurut Xu, *et al.*, (2014), pertumbuhan kapang dipengaruhi oleh pH lingkungan. Suhu akan mempengaruhi diameter koloni kapang, sedangkan pH optimum pertumbuhan kapang adalah pH 5, 6, dan 7, pH diatas 7 pertumbuhan kapang lambat dan tidak mempengaruhi pigmen kapang, namun jika ph dibawah 5 pertumbuhan kapang lambat dan produksi pigemen sedikit (Hakim, dkk, 2020). Kapang patogen mampu hidup pada makanan seperti buah dan akan menyebabkan kerusakan pada buah, salah satunya pada buah jeruk lemon. Sebagian besar buah jeruk, berinteraksi dengan berbagai bakteri, dan kapang, tetapi karena kondisi lingkungan juga mempengaruhi namun, hanya sebagian kecil dari jenis mikroorganisme yang dapat berkembang dan menyebabkan kerusakan (Bashir, *et al.*, 2020).

4.3.1 Karakter Morfologi

Kapang penyebab kebusukan pada buah lemon yang telah diisolasi memiliki perbedaan morfologi secara makroskopis (Gambar 4.9). Kedua isolat yang ditemukan diduga masuk dalam divisi *Ascomycota* yang merupakan salah

satu penyebab utama pembusuk makanan karena tersedianya bahan isolat di dalamnya. Menurut Sari, (2017) mengatakan bahwa *Penicillium* adalah genus dari kapang *Ascomycetes* yang sering ditemukan di daerah iklim sejuk dan sering ditemukan pada makanan.

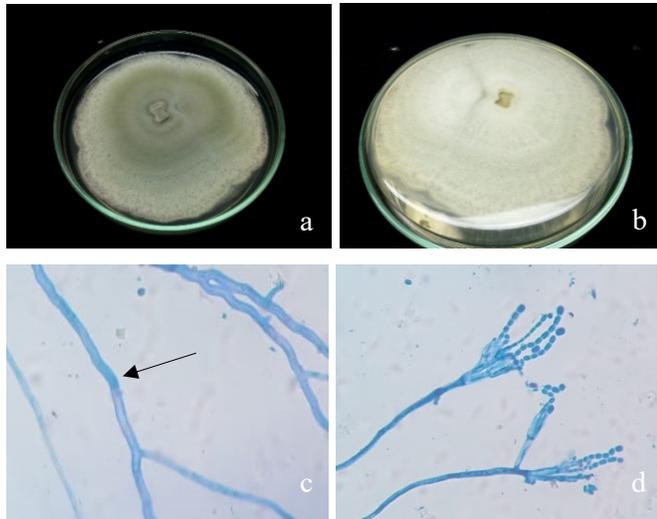
Tabel 4.8 Karakter Morfologi Kapang Patagonis dari Jeruk Lemon (*Citrus Lime*)

Karakter Isolat		
	P1	P21
Bentuk	Beraturan	Beraturan
Pola	Membulat	Membulat
Lingkaran Konsentris (Ada/Tidak)	Ada	Ada
Warna koloni		
Atas	Hijau pekat	Hijau Pucat
Bawah	Putih	Putih
Permukaan	Halus Tebal	Sedikit berserabut, Tipis
Diameter (cm)	5,1 cm	6 cm
Tepi	Halus	Halus
Hifa	Bersekat dan bercabang	Bersekat dan bercabang
Konidia		
Bentuk	Bulat	Bulat
Warna	Hijau	Hijau

A. Isolat Kapang P1

Pengamatan (Gambar 4.8 a dan b) merupakan pengamatan secara makroskopis yang telah diinokulasi dan sudah berumur 7 hari. Bentuk koloni terlihat tidak menyebar dan berada dalam 1 lingkaran pada cawan petri, spora berwarna hijau muda dibagian tengah di permukaan atas, namun dikelilingi spora warna putih seperempat bagiannya dan bagian bawah berwarna putih. Mula-mula kapang tumbuh dibagian tengah cawan petri yang berwarna hijau muda dan dikelilingi warna putih pada bagian pinggirnya hingga pertumbuhannya hampir memenuhi cawan petri berwarna hijau muda. Ukuran koloni dari setiap isolat memiliki variasi dari masing-masing kapang sesuai dari renggangan yang dihasilkan. Menurut Coton, *et al.*, (2020) mengatakan bahwa batas ukuran koloni dapat bervariasi sesuai dengan regangan yang dihasilkan mulai dari sangat tipis

hingga sepertiga diameter koloni. Miselium yang dihasilkan memiliki struktur yang sangat padat dugaan seperti pada (Gambar 4.8) ini masuk genus *Penicillium* dengan dilihat dari morfologi mikroskopis.



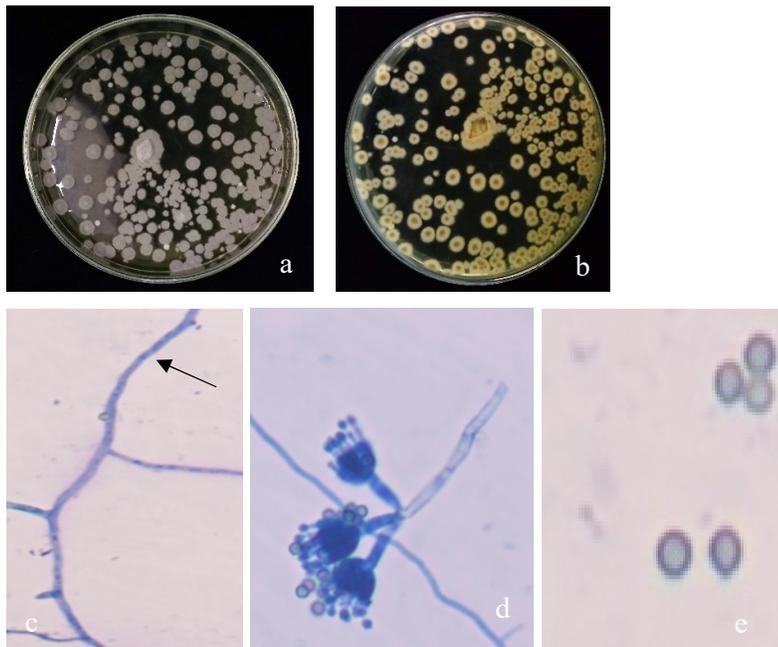
Gambar 4.8 Morfologi kapang patogen isolasi jeruk lemon berdasarkan pengamatan a) Permukaan koloni isolat P1, b) Permukaan koloni belakang koloni berwarna putih P1, c) septum hifa yang ditunjukkan dengan panah (perbesaran total 400 X), d) Konidiofor (perbesaran total 400 X)

Hasil pengamatan mikroskopis pada perbesaran 400X pada (Gambar 4.8 c) menunjukkan adanya hifa yang bersekat, miselium bercabang yang ditunjukkan pada gambar dan adanya konidiofor. Spora berbentuk bulat, lonjong dan adanya sterigma serta miselium bercabang. Ciri pengamatan yang dilakukan secara mikroskopis diduga kapang spesifik masuk pada genus *Penicillium*. Hal ini menurut Purwantisari (2018) menyatakan bahwa ciri spesifik *Penicillium* yaitu dengan adanya hifa bersekat dan tidak berwarna, konidiofor bersekat dan muncul diatas permukaan yang berasal dari hifa permukaan bercabang dan tidak bercabang sebelumnya dan juga tidak berwarna, miselium bercabang dan konidia akan terlihat seperti rantai yang berasal dari sterigma.

A. Isolat Kapang P2

Pengamatan (Gambar 4.9 a dan b) merupakan pengamatan secara makroskopis yang telah diinokulasi dan sudah berumur 7 hari. Bentuk koloni terlihat tidak menyebar dan berada dalam 1 lingkaran pada cawan petri, spora

berwarna hijau pekat di bagian atas dan bagian bawah berwarna putih. Mula-mula kapang tumbuh dibagian tengah cawan petri yang berwarna hijau kecil dan dikelilingi warna putih pada bagian pinggirnya hingga pertumbuhannya hampir memenuhi cawan petri berwarna hijau pekat. Diameter koloni setelah pertumbuhan selama 7 hari adalah 5,1 cm. Menurut Ristiari, dkk (2019) isolat yang diduga *Penicillium* menunjukkan ciri-ciri yaitu berawal terlihat berwarna hijau kecil ditengah serta disekelilingnya berwarna putih, kemudian setelah hari ke-6, koloni tampak berwarna *dartmouth green* dengan sedikit putih ditepinya.



Gambar 4.9 Morfologi kapang patogen isolasi jeruk lemon berdasarkan pengamatan a) Permukaan atas koloni isolate P2, b) Permukaan koloni belakang koloni isolate P2, c) septum hifa yang ditunjukkan dengan panah (perbesaran total 400 X), d) Konidiofor (perbesaran total 400 X), e) konidia

Hasil pengamatan mikroskopis pada perbesaran total 400X (Gambar 4.9 c) menunjukkan bahwa terdapat hifa bersekat dengan diameter 2 mm. Hifa isolat P2 memiliki cabang berwarna biru karena pewarnaan dengan metilen blue. Karakter morfologi diduga genus dari *Penicillium* yang memiliki ciri yaitu adanya konidiofor, konidia, hifa bercabang, konidia memiliki bentuk bervariasi yaitu ada yang bulat, setengah bulat atau obovoid (Sukmawati, dkk., 2018). Hasil pengamatan secara mikroskopis (Gambar 4.9 d) menunjukkan bahwa adanya

cabang beberapa bagian kapang yaitu konidia, konidiofor, phialide, metula, branch, sterigma, dan stipe. Menurut Ogórek, *et al.*, (2020) kultur kapang pada cawan petri kemudian diamati di bawah mikroskop susunannya secara alami terdiri dari stipe, cabang, metulae, phialides, konidia yang diduga masuk dalam genus *Penicillium*. Genus ini masuk dalam filum *Ascomycota* yang merupakan filum yang memiliki banyak spesies sekitar (88,2%) dibandingkan dengan *Basidiomycota*.

Bentuk spora yang ditemukan pada pengamatan (Gambar 4.9) terlihat berbentuk bulat yang berfungsi sebagai perkembangbiakan kapang yang diproduksi dalam jumlah banyak. Menurut Chitarra, *et al.*, (2004) spora merupakan bagian penting yang berguna untuk kelangsungan hidup dalam jangka panjang pada kapang. Konidia adalah spora aseksual yang dapat diproduksi dalam jumlah besar oleh kapang yang termasuk dalam ordo Eurotiales yang meliputi genus *Penicillium*.

4.3.2 Identifikasi Kapang Patogen dari Buah Jeruk Lemon (*Citrus limon*)

Berdasarkan Penanda Molekuler

Identifikasi kapang patogen dari buah lemon (*Citrus limon*) Skeels menggunakan DNA target daerah ITS. Menurut Fajarningsih (2016) mengatakan bahwa sampai saat ini, hanya wilayah *Internal Transcribed Spacer* (ITS) dari DNA nukleus (rDNA) yang menjadi wilayah yang paling banyak diurutkan untuk mengidentifikasi taksonomi jamur pada tingkat spesies, bahkan dalam spesies. Wilayah ITS menunjukkan derajat yang lebih tinggi variasi dibandingkan dengan daerah lain dari rDNA (SSU dan LSU). Wilayah ITS baru-baru ini telah ditetapkan sebagai kode batang DNA untuk kingdom fungi.

Hasil elektroforesis setelah dilakukan PCR menunjukkan ukuran *band* yang berbeda-beda (*Lampiran 10*). Pada isolat P1 menunjukkan panjang 250 bp dan diperoleh pita DNA tunggal, sedangkan pada isolat P2 menunjukkan panjang 500 bp dan diperoleh pita DNA tunggal. Hal ini seperti yang dikatakan oleh Rahayu, dkk., (2014) menyatakan bahwa pita DNA yang diperoleh berupa pita tunggal menandakan bahwa DNA hasil amplifikasi sudah cukup murni.

A. Hasil Pengujian Kuantitatif dan Kualitatif Whole Genom

Isolasi kapang dari buah jeruk berhasil dilakukan berdasarkan dari referensi menurut (Barwant and Lavhate, 2020) yang telah dimodifikasi. Tahapan selanjutnya yaitu melakukan identifikasi secara mikroskopis, makroskopis dan molekuler, hal ini telah dilakukan dengan mengacu dari referensi buku dan jurnal. Berdasarkan hasil pengujian kualitatif menggunakan visualisasi yang ditunjukkan (*Lampiran 10*) menunjukkan hasil isolasi kapang patogen dari buah jeruk.

Hasil uji kuantitatif DNA genom isolasi kapang patogen dari buah jeruk memiliki nilai kemurnian dan konsentrasi yang berbeda-beda (Tabel 4.9). Kedua isolat memiliki konsentrasi yang tinggi, hal ini menunjukkan bahwa band yang terbentuk secara visualisasi memiliki bentuk yang jelas dan tebal (*Lampiran 10*).

Tabel 4.9 Hasil pengujian kuantitatif isolasi DNA kapang patogen buah jeruk lemon.

No	Isolate	DNA Quantity & Quality
		(λ 260/280)
1	P1	1.48
2	P2	1.96

Hasil uji kuantitatif isolasi DNA kapang patogen isolate P1 menunjukkan nilai absorbansi 1.48 yang artinya kurang bagus karena masih terkontaminasi RNA dan protein (Tabel 4.9). Hal ini sesuai literatur Murtiyaningsih, (2017) menyatakan bahwa jika nilai absorbansi kemurnian DNA dibawah 1.8 dan diatas 2.0 diindikasikan DNA masih terkontaminasi dengan RNA dan protein.

Hasil isolat P2 menunjukkan nilai murni DNA dengan nilai absorbansi 1.96 setelah dianalisis menggunakan spektrofotometer nanodrop dengan membandingkan dari nilai rasio absorbansi UV/VIS. Hal ini sesuai literatur Junaid, *et al.*, (2021) menyatakan bahwa analisis spektrofotometri adalah metode yang sering digunakan untuk menguji kemurnian DNA, dengan rasio absorbansi UV A260/280 sebagai kunci utama. Rasio absorbansi UV/VIS yang dianggap dapat diterima untuk kemurnian template DNA/RNA berkisar antara 1.8-2.0.

Allah SWT berfirman dalam surah Al-furqaan ayat 2 yang berbunyi:

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُنْ لَهُ شَرِيْكٌ فِي الْمَلِكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ
فَقَدْرًا تَقْدِيْرًا

2. yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu bagi-Nya dalam kekuasaan (Nya), dan dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya.

Maksud dari ayat diatas berdasarkan tafsir Ibnu Katsir pada penggalan ayat *الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُنْ لَّهٗ شَرِيْكٌ فِى الْمُلْكِ الْمَلِكِ* yang artinya “Yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu bagi-Nya dalam kekuasaan (Nya)” artinya Allah sucikan diri-Nya dari memiliki anak dan sekutu. Lalu Dia mengabarkan bahwa *وَحَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيْرًا* (Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu bagi-Nya dalam kekuasaan (Nya) artinya: segala sesuatu selain Dia adalah makhluk (yang diciptakan) dan *marbub* (yang berada di bawah kekuasaan-Nya). Dialah pencipta segala sesuatu, Rabb, Raja dan Ilahnya segala sesuatu berada dibawah kekuasaan, aturan, tatanan dan takdir-Nya (Tafsir Ibnu katsir, hal 94).

Penjelasan mengenai Allah telah menciptakan segala sesuatu sudah sesuai ukurannya masing-masing, seperti halnya dalam penyusunan DNA yang ada di dalam makhluk hidup semua sudah mempunyai aturan dan porsi masing-masing dan tidak ada yang tertukar maupun salah. Hal ini menunjukkan bahwa betapa agung dan kuasanya Allah dalam mengatur semua ciptaannya dengan sempurna. Berdasarkan tafsir (Jalalin, hal 274) mentafsirkan bahwa karena hanya Dialah yang mampu menciptakan kesemuanya itu *فَقَدَرَهُ تَقْدِيْرًا* (Dan dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya) secara tepat dan sempurna. Makna dari ayat diatas yang tertulis memberikan pengetahuan yang baru. Berdasarkan makna muamalah *ma'alkhalik* Allah SWT menciptakan manusia dengan penciptaan yang sangat menakjubkan, agar manusia dapat merenungi kalam Allah SWT ini memang untaian kata indah yang penuh makna, dimana setiap apa yang tertulis bisa dikaji secara ilmiah dan terbukti kebenarannya. Di dalam Al-Quran telah disebutkan segala bentuk kekuasaan Allah SWT, salah satu keajaiban menakjubkan yang Allah SWT ciptakan adalah DNA. Banyak hal yang dapat diungkapkan dari DNA itu sendiri salah satunya adalah DNA kapang yang menyebabkan kontaminasi buah penyebab busuk buah, hal ini perlu kita berfikir bagaimana proses penyerangan kapang memasuki jaringan buah, dengan

mengetahui DNA dari kapang kita mampu menentukan siklus hidup yang sesuai dengan spesies yang didapatkan dari hasil penelitian ini dan mampu memberikan solusi biokontrol yang tepat.

Penentuan solusi dari permasalahan penelitian ini berkaitan dengan hubungan manusia dengan Tuhannya, hubungan sesama manusia, dan hubungan manusia dengan alam perlu diperjelas dalam keterkaitan bidang sains dan keagamaan. Muamalah *ma'annas* yang mana muamalah sendiri memiliki arti suatu perkara yang mengatur hubungan antar sesama manusia baik individu maupun kelompok yang saling memberikan manfaat. Hal ini berkaitan dengan ayat diatas bahwa hasil penelitian akan bermanfaat bagi orang lain tentang DNA kapang, yang mana dalam penelitian ini dapat dipelajari tentang DNA kapang yang merusak jaringan buah jeruk perlu adanya penelitian lanjutan untuk mengetahui mekanisme secara molekuler bagaimana kapang merusak jaringan pada buah, sehingga mampu menemukan solusi biokontrol pada kapang yang sesuai tanpa menimbulkan kemadhorotan.

Keterkaitan selanjutnya yaitu muamalah *ma'al alam* menjelaskan tentang hubungan manusia dengan alam atau setiap kehidupan yang ada disekitar manusia baik itu abiotik dan biotik. Adanya penelitian ini diharapkan manusia mampu mengambil hikmah dari DNA kapang agar manusia lebih menghargai bagaimana Allah telah menciptakan kapang patogen agar manusia berfikir bagaimana solusi ketika buah terkontaminasi kapang dan tidak merugikan manusia. Melestarikan kehidupan dengan meningkatkan hidup sehat seperti memakan buah yang sehat tidak terkontaminasi kapang dan senantiasa meningkatkan keimanan dengan melihat kekuasaan Allah SWT dari menciptakan DNA dengan kadar dan ukuran yang sesuai masing-masing spesies.

Hasil sekuensing kemudian di blast menurut Kerfeld & Scott, (2011) menyatakan bahwa BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*) adalah alat bioinformatika utama untuk perbandingan sekuensing dan pengambilan dari database. BLAST sering kali merupakan langkah pertama dalam menggunakan informasi berbasis sekuensing untuk merancang eksperimen dan mengontekstualisasikan hasil eksperimen. Hasil blast ini dapat digunakan untuk mengetahui nilai indentifikasi spesies dari masing-masing isolat kapang patogen

dengan spesies lain. Berdasarkan blast hasil sekuensing (*Lampiran 8*) menunjukkan bahwa pada isolat P1 hasil blast menunjukkan memiliki kemiripan dengan spesies *Penicillium digitatum* dengan nilai Query Cover 65% dan Identity sebesar 95.61%, persentase tersebut menunjukkan bahwa dari seluruh sekuen gen ITS sampel P1 yang berhasil dicocokkan sebanyak 65%, dan dari 65% Query Cover tersebut memiliki 95.61% memiliki kemiripan dengan spesies *Penicillium digitatum*. Pada isolat P2 hasil blast menunjukkan memiliki kemiripan dengan spesies *Penicillium citrinum* dengan nilai Query Cover 100% dan Identity sebesar 94.99%, persentase tersebut menunjukkan bahwa dari seluruh sekuen gen ITS sampel P2 yang berhasil dicocokkan sebanyak 100%, dan dari 100% Query Cover tersebut memiliki 94.99% memiliki kemiripan dengan spesies *Penicillium citrinum*.

Hasil BLAST dari isolat P1 dan P2 memiliki nilai nilai identity 94.99% dan 95.61% menunjukkan bahwa isolat yang dibandingkan berada pada genus yang sama. Menurut Ihsan dkk., (2020) menyatakan bahwa jika nilai identity $\leq 97\%$ dapat dinyatakan bahwa isolat yang dibandingkan artinya memiliki genus yang sama, sedangkan jika nilai identity diatas angka 97% artinya datanya baik dan pensejajarannya signifikan.

Tabel 4.10 Hasil blast isolat kapang patogen dari buah jeruk lemon

No	Hasil Isolasi		Hasil Blast			Panjang <i>Base Pair</i>
	Kode Isolat	Query Cover	Spesies	Ident	Sequence ID	
1	P1	65%	<i>Penicillium digitatum</i>	95.61%	MT448740.1	556
2	P2	100%	<i>Penicillium citrinum</i>	94.99%	JX192960.1	820

Hasil sekuensing setelah di blast selanjutnya di tentukan jarak genetik menggunakan software (*lampiran 7*) dan rekontruksi pohon filogenetik (Gambar 4.7). Penentuan jarak genetik bertujuan untuk mengetahui kekerabatan dan mengetahui ancestor. Menurut Hadiati., (2003) menyatakan bahwa jarak genetik dan hubungan kekerabatan dapat digunakan sebagai indeks dalam pemilihan *ancestor*. Menurut Kumor, *et al.*, (1993) Jarak genetik hanyalah proporsi (p) situs

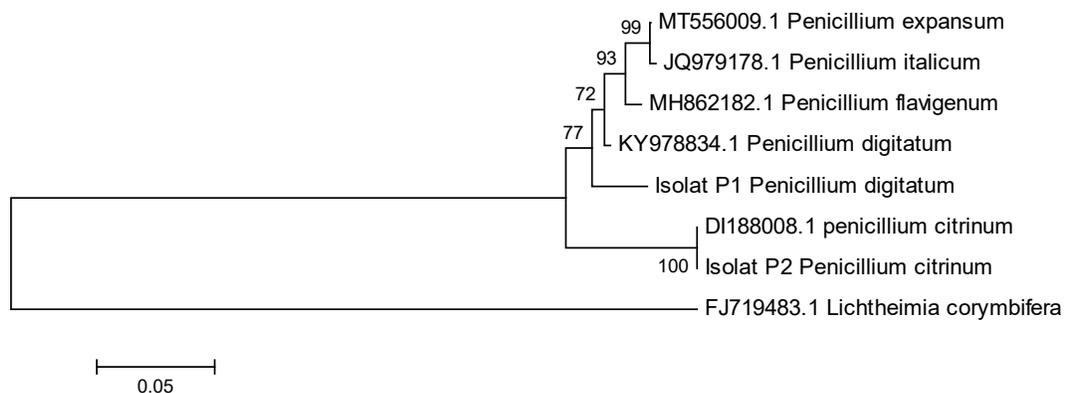
nukleotida di mana keduanya memiliki urutan berbeda jika dibandingkan. Hal ini diperoleh dengan membagi jumlah perbedaan nukleotida dibandingkan dengan jumlah total nukleotida. Sebelum dilakukan penentuan jarak genetik dan rekonstruksi pohon genetik dilakukan pensejajaran dengan metode *Alignment* (Lampiran 7).

Tahapan selanjutnya dilakukan instruksi pembuatan pohon filogenetik dengan algoritma *Neighbor Joining* (NJ) dengan 1000 ulangan *bootstrap* berdasarkan jarak genetik. Pangestika., (2015) menyatakan untuk memperkirakan tingkat kepercayaan pohon filogenetik digunakan dinilai dari *bootstrap* sebanyak 100 sampai 1000 ulangan. Menurut Dharmayanti., (2011) metode *Neighbor-joining* dapat dilakukan dengan baik jika rata-rata evolusi dari pemisahan *lineage* adalah di bawah pertimbangan yang berbeda-beda. Ketika panjang cabang dari pohon yang diketahui topologinya berubah, maka dengan cara menstimulasi tingkat yang bervariasi dari perubahan evolusi, metode *Neighbor joining* adalah yang paling bagus untuk memprediksi pohon dengan benar. *Neighbor-joining* memilih sekuen ketika digabungkan akan memberikan estimasi terbaik dari panjang cabang yang paling dekat dan merefleksikan jarak yang nyata diantara sekuen. Menurut Kumar, *et al.*, (2000) kelebihan metode *Neighbor Joining* (NJ) secara luas digunakan dalam merekonstruksi filogeni dalam ukuran besar karena kecepatan komputasi dan akurasi tinggi dalam inferensi filogenetik seperti yang terungkap dalam studi simulasi genetik.

Selanjutnya ketika merekonstruksikan pohon filogenetik akan mengetahui nilai *bootstrap*. Mengetahui nilai *bootstrap* bertujuan untuk mengetahui seberapa baik dan bagusnya set model data yang dilakukan dan menjaga kestabilan cabang pohon filogenetik. Menurut Soltis., (2003) menyatakan bahwa nilai *bootstrap* 95% atau lebih besar dapat dipertimbangkan secara signifikan dalam genetik dan menunjukkan support untuk nilai klade, node genetik dapat ditolak jika kurang dari 5% dari perkiraan *bootstrap*. Namun, tingkat keakuratan *bootstrap* berlaku untuk node tunggal yaitu bukan untuk genetik.

Hasil analisis yang dilakukan dalam rekonstruksi pohon filogenetik hasil isolat P1 yaitu *Penicillium digitatum* dan isolate P2 yaitu *Penicillium citrinum* berada dalam satu cabang dengan nilai *bootstrap* 100% (Gambar 4.10). Presentase

nilai *bootstrap* 100% menandakan bahwa dari pengulangan *bootstrap* 1000 kali yang direkonstruksikan dengan pohon filogenetik ini pada spesies *P. citrinum* memiliki nilai kekerabatan 100% dengan spesies *P.citrinum* yang diambil dari NCBI. Sekuen *P. expansum* juga menunjukkan kekerabatan yang dekat dengan *P. expansum* dengan nilai *bootstrap* 99%. Sekuen *P. expansum* dan *P. italicum* memiliki kekerabatan yang dekat dengan *P. flavigenum* dengan nilai *bootstrap* 93%. Sekuen *P. expansum*, *P. italicum*, *P. flavigenum*, menunjukkan nilai kekerabatan dekat dengan isolat P1 *P. digitatum* karena memiliki nilai *bootstrap* 77%. *Bootstrap* yang digunakan dalam rekonstruksi pohon filogenetik pada penelitian ini adalah 1000 ulangan, menurut Pangestika, *et al.*, (2015) menyatakan bahwa semakin besar nilai *bootstrap* yang digunakan maka semakin tinggi kepercayaan topologi pohon hasil rekonstruksi yang didasarkan atas distribusi karakter, dalam data sangat dipengaruhi oleh efek acak.



Gambar (4.10) Rekonstruksi pohon filogenetik isolate kapang dari jeruk lemon berdasarkan metode *neighbor joining*, *bootstrap* 1000 pengulangan berdasarkan nilai jarak genetik dari basa-basa nukleotida rDNA ITS

Outgroup dalam rekonstruksi pohon filogenetik dalam penelitian ini yaitu menggunakan spesies *Lichtheimia corymbifera*. *Outgroup* dalam rekonstruksi pohon filogenetik sangat dibutuhkan karena menurut Pangestika, *dkk.*, (2015) menyatakan bahwa kelompok *outgroup* sangat dibutuhkan untuk karakter *apomorfik* dan *plesiomorfik* untuk memberikan polarisasi, karena *apomorfik* adalah karakter berubah dan akan diturunkan pada ingrub, karakter *plesiomorfik* merupakan karakter genetik yang terdapat pada *outgroup*. *Apomorfik* dalam rekonstruksi pohon filogenetik ini adalah *P. expansum*, *P. italicum*, *P. flavigenum*,

P. digitatum dan *P. citrinum*, sedangkan *plesiomorfiknya* adalah *Lichtheimia corymbifera*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Mekanisme perkembangan penyakit dilihat secara anatomi menunjukkan perubahan jaringan buah yang semakin lama semakin lembek dan pada bagian daging buah terjadi kerusakan sehingga bagian *endocarp* tidak terlihat dengan jelas, daging buah menunjukkan tidak ada bulir yang terbentuk. Intensitas penyerangan menunjukkan berbeda nyata dari kontrol pada varietas manis, sedangkan varietas lemon tidak berbeda nyata perlakuan dengan kontrol.
2. Berdasarkan pengujian kualitas kedua varietas yang digunakan pengamatan warna menunjukkan hasil nilai a^* pada perubahan warna berbeda nyata dari varietas jeruk manis. Hasil pengujian kadar sukrosa, total asam dan vitamin C tidak berbeda nyata dari semua varietas dan semua perlakuan.
3. Hasil identifikasi berdasarkan karakteristik makroskopis menunjukkan pada sampel P1 secara makroskopis pertumbuhan kapang tidak menyebar, berwarna hijau muda, bagian pinggir putih, secara mikroskopis menunjukkan adanya spora yang menyebar dan memiliki hifa bersekat, identifikasi secara molekuler menunjukkan spesies *Penicillium digitatum*. Pada sampel P2 bentuk koloni terlihat menyebar, spora berwarna hijau pekat di bagian atas dan bagian bawah berwarna kuning, secara mikroskopis menunjukkan hifa isolat P2 memiliki hifa bersekat, dan memiliki spora ada di sporangiosfor, identifikasi secara molekuler menunjukkan spesies *Penicillium citrinum*.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan dengan melakukan biokontrol penyakit pada buah jeruk manis dan jeruk lemon.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Mahally, Imam Jalaluddin dan Imam Jalaluddin As-suyutti. 1990. Tafsir Jalalain Jilid I Bandung: Sinar Baru.
- Al-Qudah. NT. S., NZahra, U., NRehman, R., Majeed, M. I., Sadique, S., NisaW. (2018). Lemon as a source of functional and medicinal ingredient: A review. *International journal of Chemical and Biomedical sciences*, 14, 55-61.
- Al-Qurthubi, Imam. 2008. Tafsir Al Qurtubi. Jakarta: Azzam. Hal 649.
- Alsohaili, S. A., & Bani-Hasan, B. M. (2018). Morphological and Molecular Identification of Fungi Isolated from Different Environmental Sources in the Northern Eastern Desert of Jordan. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 11(3).
- Ammad, F., Moumen, O., Gasem, A., Othmane, S., Hisashi, K. N., Zebib, B., & Merah, O. (2018). The potency of lemon (*Citrus limon* L.) essential oil to control some fungal diseases of grapevine wood. *Comptes rendus biologies*, 341(2), 97-101.
- At-Thabari Abu Ja'far Muhammad Bin Jarirath-Thabari. 2009. *Tafsir Ath-Thabari*. Jakarta: Pustaka Azzam. Jilid 17 hal 848-849.
- At-Thabari Abu Ja'far Muhammad Bin Jarirath-Thabari. 2009. *Tafsir Ath-Thabari*. Jakarta: Pustaka Azzam. Jilid 9 hal 316-317.
- Aurelia MP, Aneta P, Gheorghe PN, Aurel P (2011). Determination of ascorbic acid content of some fruit juices and wine by voltammetry performed at Pt and carbon paste electrodes. *Molecules*, 16: 1349- 1365.
- Barwant, M., & Lavhate, N. (2020). Isolation and maintenance offungalpathogens *Aspergillus niger* and *Aspergillus flavus*. *Int. J. Appl. Nat. Sci*, 9(3), 47-52.
- Bashir Mohammed, Fatima A. Hamza, Musa Sale Pukuma. (2020). Postharvest Fungal Spoilage of Some Citrus Fruits. *Bioengineering and Bioscience* 7(1): 10-14.
- Bermejo, A., & Cano, A. (2012). Analysis of nutritional constituents in twenty citrus cultivars from the Mediterranean area at different stages of ripening. *Food and Nutrition Sciences*, 3(5), 639-650.
- Brown, G. D., Denning, D. W., Gow, N. A., Levitz, S. M., Netea, M. G., & White, T. C. (2012). Hidden killers: human fungal infections. *Science translational medicine*, 4(165), 165rv13-165rv13.

- Carballo, D., Pinheiro-Fernandes-Vieira, P., Tolosa, J., Font, G., Berrada, H., & Ferrer, E. (2018). Dietary exposure to mycotoxins through fruits juice consumption. *Rev. Toxicol*, 35, 2-6.
- Chen, C., Chen, J., & Wan, C. (2020). Pinocembrin-7-Glucoside (P7G) reduced postharvest blue mold of navel orange by suppressing *Penicillium italicum* growth. *Microorganisms*, 8(4), 536.
- Chen, P., Peng, Y., Chung, W., Chung, K., Huang, H., & Huang, J. (2016). Inhibition of *Penicillium digitatum* and citrus green mold by volatile compounds produced by *Enterobacter cloacae*. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 7(3).
- Cheng, Y., Lin, Y., Cao, H., & Li, Z. (2020). Citrus postharvest green mold: Recent advances in fungal pathogenicity and fruit resistance. *Microorganisms*, 8(3), 449.
- Chitarra, G. S., Abee, T., Rombouts, F. M., Posthumus, M. A., & Dijksterhuis, J. (2004). Germination of *Penicillium paneum* conidia is regulated by 1-octen-3-ol, a volatile self-inhibitor. *Applied and Environmental Microbiology*, 70(5), 2823-2829.
- Collin, S., Bodart, E., Badot, C., Bouseta, A., & Nizet, S. (2008). Identification of the main degradation products of patulin generated through heat detoxication treatments. *Journal of the Institute of Brewing*, 114(2), 167-171.
- Costa, J. H., Bazioli, J. M., de Moraes Pontes, J. G., & Fill, T. P. (2019). *Penicillium digitatum* infection mechanisms in citrus: What do we know so far. *Fungal biology*, 123(8), 584-593.
- Costa, J. H., Bazioli, J. M., de Vilhena Araújo, E., Vendramini, P. H., de Freitas Porto, M. C., Eberlin, M. N., ... & Fill, T. P. (2019). Monitoring indole alkaloid production by *Penicillium digitatum* during infection process in citrus by Mass Spectrometry Imaging and molecular networking. *Fungal biology*, 123(8), 594-600.
- Coton, E., Coton, M., Hymery, N., Mounier, J., & Jany, J. L. (2020). *Penicillium roqueforti*: an overview of its genetics, physiology, metabolism and biotechnological applications. *Fungal Biology Reviews*, 34(2), 59-73.
- Deciana, D., Nurdin, M., & Maryono, T. (2014). Inventarisasi Jamur-jamur Patogen pada Buah Jeruk (*Citrus SP.*) di Beberapa Pasar di Bandar Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*, 2(2).
- Demissie, Z. A., Brown, W. G., & Loewen, M. C. (2019). A Universally Primed-Polymerase Chain Reaction (UP-PCR) Marker to Discriminate *Clonostachys rosea* ACM941 from Related Strains. *Journal of Fungi*, 5(2), 39.

- Dharmayanti, N. I. (2011). Molecular phylogenetic: organism taxonomy method based on evolution history. *Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*, 21(1).
- Di Matteo, A., Simeone, G. D. R., Cirillo, A., Rao, M. A., & Di Vaio, C. (2021). Morphological characteristics, ascorbic acid and antioxidant activity during fruit ripening of four lemon (*Citrus limon* (L.) Burm. F.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 276, 109741.
- Di Vita, G., Borrello, M., Vecchio, R., Gulisano, G., & D'Amico, M. (2020). Purchasing drivers of fresh citrus fruits in urban Italy: is it all about taste?. *Nutrients*, 12(4), 979.
- Dioha, I. J., Olugbemi, O., Onuegbu, T. U., & Shahru, Z. (2011). Determination of ascorbic acid content of some tropical fruits by iodometric titration. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(5), 2180-2184.
- Dubey, A. K., Sharma, R. M., Awasthi, O. P., Srivastav, M., & Sharma, N. (2016). Genetic diversity in lime (*Citrus aurantifolia* Swing.) and lemon (*Citrus limon* (L.) Burm.) based on quantitative traits in India. *Agroforestry Systems*, 90(3), 447-456.
- Dwiastuti, M. E., Budiarta, G. N. K., & Soesanto, L. (2018). Perkembangan Penyakit Diplodia pada Tiga Isolat Botryodiplodia theobromae Path dan Peran Toksin dalam Menekan Penyakit pada Jeruk (*Citrus* spp.)/Diplodia Disease Development and Toxin of Three Isolates Botryodiplodia theobromae Path. on Citrus (*Citrus* spp). *Jurnal Hortikultura*, 27(2), 231-240.
- Eckert, J. W., & Wild, B. L. (1983). Problems of fungicide resistance in Penicillium rot of citrus fruits. In *Pest Resistance to Pesticides* (pp. 525-556). Springer, Boston, MA.
- Edyansyah, E. (2016). Keberadaan Jamur Kontaminan Pada Kacang Tanah (Bumbu Gado Gado) Yang Dijual Pedagang Di Kota Palembang. *JPP (Jurnal Kesehatan Poltekkes Palembang)*, 11(1), 127-138.
- Erdogan, A., Ghimire, D., Gürses, M., Çetin, B., & Baran, A. (2014). Patulin contamination in fruit juices and its control measures. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (14), 39-48.
- Errampalli, D. (2014). *Penicillium expansum* (blue mold). In *Postharvest decay* (pp. 189-231). Academic Press.
- Etebu, E., & Nwauzoma, A. B. (2014). A review on sweet orange (*Citrus sinensis* L Osbeck): health, diseases and management. *American Journal of Research Communication*, 2(2), 33-70.

- Etienne, A., Génard, M., Lobit, P., Mbeguié-A-Mbéguié, D., & Bugaud, C. (2013). What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. *Journal of experimental botany*, 64(6), 1451-1469.
- Fagodia, S. K., Singh, H. P., Batish, D. R., & Kohli, R. K. (2017). Phytotoxicity and cytotoxicity of Citrus aurantiifolia essential oil and its major constituents: Limonene and citral. *Industrial crops and products*, 108, 708-715.
- Fajarningsih, N. D. (2016). Internal Transcribed Spacer (ITS) as DNA barcoding to identify fungal species: a review. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 11(2), 37-44.
- Fialova, L., Romanovska, D., & Marova, I. (2020). A Comparative Study of Some Procedures for Isolation of Fruit DNA of Sufficient Quality for PCR-Based Assays. *Molecules*, 25(18), 4317.
- Fitriana, Y. A. N., & Fitri, A. S. (2020). Analisis Kadar Vitamin C pada Buah Jeruk Menggunakan Metode Titrasi Iodometri. *Sainteks*, 17(1), 27-32.
- Gabriella, et al. 2018. Protein Biocargo of Citrus Fruit Juice Sac Cells-Derived Vesicles Reveals Heterogeneous Transport and Extracellular Vesicle Subpopulations. *BioRxiv*.
- Ghanei Ghoshkhaneh, N., Golzarian, M. R., & Mamarabadi, M. (2018). Detection and classification of citrus green mold caused by *Penicillium digitatum* using multispectral imaging. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(9), 3542-3550.
- Gonzalez-Molina, E., Domínguez-Perles, R., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2010). Natural bioactive compounds of Citrus limon for food and health. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 51(2), 327-345.
- Hadiati, S. (2003). Pendugaan jarak genetik dan hubungan kekerabatan nanas berdasarkan analisis isozim. *Jurnal Hortikultura*, 13(2), 87-94.
- Hakim, I. L. (2020). *Bakteri Patogen Tumbuhan*. Syiah Kuala University Press.
- Hakim, L., & Kurniatuhadi, R. (2020). Karakteristik Fisiologis Jamur Halofilik Berdasarkan Faktor Lingkungan dari Sumur Air Asin di Desa Suak, Sintang, Kalimantan Barat. *BIOMA: JURNAL BIOLOGI MAKASSAR*, 5(2), 227-232.
- Heperkan, D., Dazkır, G. S., Kansu, D. Z., & Karbancıoğlu Güler, F. (2009). Influence of temperature on citrinin accumulation by *Penicillium citrinum* and *Penicillium verrucosum* in black table olives. *Toxin Reviews*, 28(2-3), 180-186.
- Hocking, A. D. (2014). Spoilage Problems Problems Caused by Fungi. *Encyclopedia of Food Microbiology*.

- Ihsan, F., & Wahyudi, A. (2010). Teknik analisis kadar sukrosa pada buah pepaya. *Buletin Teknik Pertanian*, 15(1), 10-12.
- Ihsan, YN, Fellatami, K., Permana, R., Mulyani, Y., & Pribadi, TDK (2020). Analisis Bakteri Pereduksi Konsentrasi Logam Timbal Pb (CH₃COO)₂ Menggunakan Gen 16S Rrna. *Jurnal Kelautan: Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Indonesia*, 13 (2), 151-162.
- ITIS (Integrated Taxonomic Information System). (2012). Integrated Taxonomic Information System.
- Junaid, M., Guest, D., & PURWANTARA, A. (2021). Fungal Basidiomycete *Ceratobasidium theobromae* DNA obtained directly from cocoa petioles. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(7).
- Kamaluddin, M. J. N. (2018). Pengaruh Perbedaan Jenis Hidrokoloid Terhadap Karakteristik Fruit leather Pepaya. *EDUFORTECH*, 3(1).
- Karadeniz, F. (2004). Main organic acid distribution of authentic citrus juices in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(4), 267-271.
- Kayode, R. M., & Afolayan, A. J. (2014). Microbiological and chemical evaluation of decomposed open pollinated tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits in storage. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 8(6), 4441-4449.
- Kementrian Pertanian. 2017. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementrian Pertanian. Jakarta.
- Kerfeld, CA, & Scott, KM (2011). Menggunakan BLAST untuk mengajarkan konsep "E-value-tionary". *Biologi PLoS*, 9 (2), e1001014.
- Khan, M. M., Al-Yahyai, R., & Al-Said, F. (2017). 1 Introduction and Overview of Lime. *The Lime*.
- Kumar, S., & Gadagkar, S. R. (2000). Efficiency of the neighbor-joining method in reconstructing deep and shallow evolutionary relationships in large phylogenies. *Journal of Molecular Evolution*, 51(6), 544-553.
- Kumur, S., Tamura, K., & Masatoshi, N. (1993). molecular evolutionary genetics analysis, version 1.01. *The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA*.
- Ladaniya S. 2008. Fruit Morphology, Anatomy, and Physiology. *Elsevier*. 103-124.
- Li, X., Lu, X., He, Y., Deng, M., & Lv, Y. (2020). Identification the Pathogens Causing Rot Disease in Pomegranate (*Punica granatum* L.) in China and the Antifungal Activity of Aqueous Garlic Extract. *Forests*, 11(1), 34.

- Liu, Y., Heying, E., & Tanumihardjo, S. A. (2012). History, global distribution, and nutritional importance of citrus fruits. *Comprehensive reviews in Food Science and Food safety*, 11(6), 530-545.
- Lopez-Perez, M., Ballester, A. R., & González-Candelas, L. (2015). Identification and functional analysis of *Penicillium digitatum* genes putatively involved in virulence towards citrus fruit. *Molecular plant pathology*, 16(3), 262-275.
- Louw, J. P., & Korsten, L. (2015). Pathogenicity and host susceptibility of *Penicillium* spp. on citrus. *Plant disease*, 99(1), 21-30.
- Lucena-Aguilar, G., Sánchez-López, A. M., Barberán-Aceituno, C., Carrillo-Avila, J. A., López-Guerrero, J. A., & Aguilar-Quesada, R. (2016). DNA source selection for downstream applications based on DNA quality indicators analysis. *Biopreservation and Biobanking*, 14(4), 264-270.
- Mamma Diomi and Paul Christakopoulos. 2013. Biotransformation of Citrus By-Products into Value Added Products. *Spinger Waste Biomass Valor.*
- Marcet-Houben, M., Ballester, A. R., de la Fuente, B., Harries, E., Marcos, J. F., Gonzalez-Candelas, L., & Gabaldón, T. (2012). Genome sequence of the necrotrophic fungus *Penicillium digitatum*, the main postharvest pathogen of citrus. *BMC genomics*, 13(1), 1-18.
- Marganingrum, D., & Santoso, H. (2019). Evapotranspiration of Indonesia Tropical Area. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 16(3), 106-116.
- Marti, N., Mena, P., Cánovas, J. A., Micol, V., & Saura, D. (2009). Vitamin C and the role of citrus juices as functional food. *Natural product communications*, 4(5), 1934578X0900400506.
- Martin, K. J., & Rygiewicz, P. T. (2005). Fungal-specific PCR primers developed for analysis of the ITS region of environmental DNA extracts. *BMC microbiology*, 5(1), 1-11.
- Misto, I., & Mulyono, T. (2017). SKKD No. 659/UN25. 5.1/TU. 3/2017" Sistem Pengukuran Kadar Gula dalam Cairan Menggunakan Sensor Fotodiode Terkomputerisasi."
- Murtiyaningsih, H. (2017). Isolasi DNA genom dan identifikasi kekerabatan genetik nanas menggunakan RAPD (Random Amplified Polimorphic DNA). *Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 15(1).
- Navia, Z. I., Suwardi, A. B., Harmawan, T., Syamsuardi, S., & Mukhtar, E. (2020). The diversity and contribution of indigenous edible fruit plants to the rural community in the Gayo Highlands, Indonesia. *Journal of*

Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS), 121(1), 89-98.

- Nehela, Y., & Killiny, N. (2020). The unknown soldier in citrus plants: polyamines-based defensive mechanisms against biotic and abiotic stresses and their relationship with other stress-associated metabolites. *Plant signaling & behavior*, 15(6), 1761080.
- Ngolong Ngea, G. L., Qian, X., Yang, Q., Dhanasekaran, S., Ianiri, G., Ballester, A. R., ... & Zhang, H. (2021). Securing fruit production: Opportunities from the elucidation of the molecular mechanisms of postharvest fungal infections. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(3), 2508-2533.
- Ngolong Ngea, G. L., Yang, Q., Castoria, R., Zhang, X., Routledge, M. N., & Zhang, H. (2020). Recent trends in detecting, controlling, and detoxifying of patulin mycotoxin using biotechnology methods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(5), 2447-2472.
- Njoku, P. C., Ayuk, A. A., & Okoye, C. V. (2011). Temperature effects on vitamin C content in citrus fruits. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10(12), 1168-1169.
- Nugroho, T. T. (2013). Optimasi isolasi dan amplifikasi ITS DNA ribosomal fungi karbolitik isolat zona inti cagar biosfer Giam Siak Kecil-Bukit Batu. *Prosiding SEMIRATA 2013*, 1(1)
- Ochandio Fernández, A., Olguín Pinatti, C. A., Masot Peris, R., & Laguarda-Miró, N. (2019). Freeze-damage detection in lemons using electrochemical impedance spectroscopy. *Sensors*, 19(18), 4051.
- Ogorek, R., Kurczaba, K., Cal, M., Apoznański, G., & Kokurewicz, T. (2020). A culture-based ID of Micromycetes on the wing membranes of greater Mouse-Eared bats (*Myotis myotis*) from the “Nietoperek” site (Poland). *Animals*, 10(8), 1337.
- Oviasogie, F. E., Ogofure, A. G., Beshiru, A., Ode, J. N., & Omeje, F. I. (2015). Assessment of fungal pathogens associated with orange spoilage. *African Journal of Microbiology Research*, 9(29), 1758-1763.
- Pangestika, Y., Budiharjo, A., & Kusumaningrum, H. P. (2015). Analisis Filogenetik Curcuma zedoaria (Temu Putih) Berdasarkan Gen Internal Transcribed Spacer (ITS). *Jurnal Akademika Biologi*, 4(4), 8-13.
- Parisa, M., Elif, T., Recep, K., & Şenol, K. M. (2017). Potential of some bacteria for biological control of postharvest citrus green mould caused by *Penicillium digitatum*. *Plant protection science*, 53(3), 134-143.
- Patience, T. K., Nwachukwu, V. C., Inchikida, B. M., Danjuma, N., Fadok, N. B., & Fatima, F. K. (2021). Fungal Deterioration of Lemon (*Citrus Limon*

Burn F.) And Vitamin C Content of Infected Fruits from Keffi, Nasarawa State. *International Journal of Advanced Research*, (9), 761-767.

- Penjor, T., Mimura, T., Matsumoto, R., Yamamoto, M., & Nagano, Y. (2014). Characterization of limes (*Citrus aurantifolia*) grown in Bhutan and Indonesia using high-throughput sequencing. *Scientific reports*, 4(1), 1-9.
- Penniston, K. L., Nakada, S. Y., Holmes, R. P., & Assimos, D. G. (2008). Quantitative assessment of citric acid in lemon juice, lime juice, and commercially-available fruit juice products. *Journal of Endourology*, 22(3), 567-570.
- Perez, M. F., Contreras, L., Garnica, N. M., Fernández-Zenoff, M. V., Fariás, M. E., Sepulveda, M., ... & Dib, J. R. (2016). Native killer yeasts as biocontrol agents of postharvest fungal diseases in lemons. *PLoS one*, 11(10), e0165590.
- Perrone, G., & Gallo, A. (2017). *Aspergillus* species and their associated mycotoxins. *Mycotoxigenic Fungi*, 33-49.
- Pocsfalvi, G., Turiák, L., Ambrosone, A., del Gaudio, P., Puska, G., Fiume, I., ... & Vékey, K. (2018). Protein biocargo of citrus fruit juice sac cells-derived vesicles 3 reveals heterogeneous transport and extracellular vesicle 4 subpopulations 5 Pocsfalvi.
- Poerwanto, R., & Suketi, K. (2016). Degreening buah jeruk siam (*Citrus nobilis*) pada beberapa konsentrasi dan durasi pemaparan etilen. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 7(2), 111-120.
- Post, P. C., & Schlautman, M. A. (2020). Measuring Camellia Petal Color Using a Portable Color Sensor. *Horticulturae*, 6(3), 53.
- Pott, D. M., Vallarino, J. G., & Osorio, S. (2020). Metabolite changes during postharvest storage: Effects on fruit quality traits. *Metabolites*, 10(5), 187.
- Probowati, D. D. (2016). Analisis Preferensi Konsumen Buah Jeruk Keprok Di Kabupaten Bojonegoro. *Oryza-Jurnal Agribisnis dan Pertanian Berkelanjutan*, 1(2), 1-10.
- Prusky, D. B., & Sionov, E. (2021). Special Issue “Interplay between Fungal Pathogens and Harvested Crops and Fruits”. *Microorganisms*, 9(3), 553.
- Purwantisari, S. (2018). Kemampuan Antagonisme *Pseudomonas* sp. dan *Penicillium* sp. Terhadap *Cercospora nicotianae* In Vitro. *Jurnal Akademika Biologi*, 7(3), 1-7.
- Rahayu, F., Saryono, S., & Nugroho, T. T. (2014). *Isolasi DNA dan Amplifikasi PCR Daerah ITS rDNA Fungi Endofit Umbi Tanaman Dahlia (Dahlia variabilis) LBKURCC69* (Doctoral dissertation, Riau University).

- Rauwane, M. E., Ogugua, U. V., Kalu, C. M., Ledwaba, L. K., Woldesemayat, A. A., & Ntushelo, K. (2020). Pathogenicity and virulence factors of *Fusarium graminearum* including factors discovered using next generation sequencing technologies and proteomics. *Microorganisms*, 8(2), 305.
- Ristiari, N. P. N., Julyasih, K. S. M., & Suryanti, I. A. P. (2019). Isolasi Dan Identifikasi Jamur Mikroskopis Pada Rizosfer Tanaman Jeruk Siam (*Citrus nobilis* Lour.) Di Kecamatan Kintamani, Bali. *Jurnal Pendidikan Biologi undiksha*, 6(1), 10-19.
- Rodrigues, M. L., & Nosanchuk, J. D. (2020). Fungal diseases as neglected pathogens: A wake-up call to public health officials. *PLoS neglected tropical diseases*, 14(2), e0007964.
- Rokaya, P. R., Baral, D. R., Gautam, D. M., Shrestha, A. K., & Paudyal, K. P. (2016). Effect of altitude and maturity stages on quality attributes of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). *American journal of plant sciences*, 7(06), 958.
- Rosalina, D., & Zati, M. R. (2019). Analisis Daya Saing Jeruk Lokal Terhadap Jeruk Impor di Kabupaten Tanah Karo. *Jurnal Samudra Ekonomika*, 3(1), 26-33.
- Sadka, A., Shlizerman, L., Kamara, I., & Blumwald, E. (2019). Primary metabolism in citrus fruit as affected by its unique structure. *Frontiers in plant science*, 10, 1167.
- Saif, F. A., Yaseen, S. A., Alameen, A. S., Mane, S. B., & Undre, P. B. (2021). Identification and characterization of *Aspergillus* species of fruit rot fungi using microscopy, FT-IR, Raman and UV-Vis spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 246, 119010.
- Sanchez-Torres, P. (2021). Molecular Mechanisms Underlying Fungicide Resistance in Citrus Postharvest Green Mold. *Journal of Fungi*, 7(9), 783.
- Sanchez-Villeda, H., Schroeder, S., Flint-Garcia, S., Guill, K. E., Yamasaki, M., & McMullen, M. D. (2008). DNAAAlignEditor: DNA alignment editor tool. *BMC bioinformatics*, 9(1), 1-5.
- Sari, D. E. (2017). Identifikasi mikroba asal ekstrak buah yang diaplikasikan pada pertanaman jeruk organik di kabupaten pangkep. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 5(1), 24-30.
- Senanayake, I. C., Rathnayake, A. R., Marasinghe, D. S., Calabon, M. S., Gentekaki, E., & Lee, H. B. (2020). Morphological approaches in studying fungi: collection, examination, isolation, sporulation and preservation. *Mycosphere*.

- Shravan, R. (2018). Study of physico-chemical characteristics of sweet orange (*Citrus sinensis*) fruit. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(6), 1687-1689.
- Shrestha, G. R., & Mridha, A. U. (2015). Detection and Quantitation of Aflatoxin for the Diagnosis of *Aspergillus flavus*. *Nepal Journal of Biotechnology*, 3(1), 6-9.
- Shrestha, N., Shrestha, S., & Bhattarai, A. (2016). Determination of ascorbic acid in different citrus fruits of Kathmandu Valley. *Journal of Medical and Biological Science Research*, 2(1), 9-14.
- Soltis, P. S., & Soltis, D. E. (2003). Applying the bootstrap in phylogeny reconstruction. *Statistical Science*, 256-267.
- Sukara, E. (2014). Tropical forest biodiversity to provide food, health and energy solution of the rapid growth of modern society. *Procedia Environmental Sciences*, 20, 803-808.
- Sukmawati, D., Saidah, N., Handayani, K. T., & Rahayu, S. (2018). The characteristics of fungi contaminating chicken feed in Tegal, Bogor, West Java. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 6(4), 472-480.
- Sulassih, S., & Santosa, E. (2020). Comparison of Deoxyribose Nucleic Acid Purification Methods of Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) and Its Relatives. *Buletin Agroteknologi*, 1(2), 78-85.
- Sulyanti, E., Yaherwandi, Y., & Ulindari, R. M. (2019). Aktivitas Air Rebusan Beberapa Kulit Jeruk (*Citrus* spp) untuk Menekan Pertumbuhan *Colletotrichum gloeosporioides* pada Tanaman Buah Naga secara In Vitro. *JPT: Jurnal Proteksi Tanaman (Journal of Plant Protection)*, 3(2), 56-64.
- Syafutri, M. I., Pratama, F., & Saputra, D. (2006). Sifat Fisik dan Kimia Buah Mangga (*Mangifera Indica* L.) Selama Penyimpanan dengan Berbagai Metode Pengemasan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 17(1), 1-11.
- Tadeo, F. R., Terol, J., Rodrigo, M. J., Licciardello, C., & Sadka, A. (2020). Fruit growth and development. In *The genus citrus* (pp. 245-269). Woodhead Publishing.
- Tolaini, V., Zjalic, S., Reverberi, M., Fanelli, C., Fabbri, A. A., Del Fiore, A., ... & Ricelli, A. (2010). *Lentinula edodes* enhances the biocontrol activity of *Cryptococcus laurentii* against *Penicillium expansum* contamination and patulin production in apple fruits. *International journal of food microbiology*, 138(3), 243-249.
- Tolangara, A., Corebima, A. D., & Mas'ud, A. B. D. U. (2020). Genetic diversity of lemon (*Citrus* spp.) from Ternate Island (Indonesia) based on

morphological and molecular characters. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(5).

- Van der Merwe, H. E. (2005). *Factors affecting rind oil content of lemon (Citrus limon (L.) Burm. f.)* (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).
- Veljovic, S. P., Boonsiri, K., Maina, M. K., Semavor, E. M., & Surajit, M. (2017). Infection capacity of the pathogens *Penicillium italicum* and *P. Expansum* in orange during storage. *Food and Feed research*, 44(1), 31-38.
- Visagie, C. M., Houbraken, J., Frisvad, J. C., Hong, S. B., Klaassen, C. H. W., Perrone, G., ... & Samson, R. A. (2014). Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. *Studies in mycology*, 78, 343-371.
- Von Rintelen, K., Arida, E., & Häuser, C. (2017). A review of biodiversity-related issues and challenges in megadiverse Indonesia and other Southeast Asian countries. *Research Ideas and Outcomes*, 3, e20860.
- Vylkova, S. (2017). Environmental pH modulation by pathogenic fungi as a strategy to conquer the host. *PLoS pathogens*, 13(2), e1006149.
- Waharjani, W. (2015). Makanan Yang Halal Lagi Baik dan Implikasinya terhadap Kesalehan Seseorang. *Journal Al-Manar*, 4(2).
- Waluyo, L. 2010. *Mikrobiologi Umum Edisi Revisi*. Yogyakarta: UMM-Press.
- Wang, Y., Zhang, Y., Yang, Y., Zhao, H., Yang, C., He, Y., ... & Xu, H. (2020). Discrete element modelling of citrus fruit stalks and its verification. *Biosystems Engineering*, 200, 400-414.
- Xu, Q., Chen, L. L., Ruan, X., Chen, D., Zhu, A., Chen, C., ... & Ruan, Y. (2013). The draft genome of sweet orange (*Citrus sinensis*). *Nature genetics*, 45(1), 59-66.
- Xu, X., Chen, J., Xu, H., & Li, D. (2014). Role of a major facilitator superfamily transporter in adaptation capacity of *Penicillium funiculosum* under extreme acidic stress. *Fungal Genetics and Biology*, 69, 75-83.
- Yang, Q., Qian, X., Dhanasekaran, S., Boateng, N. A. S., Yan, X., Zhu, H., ... & Zhang, H. (2019). Study on the infection mechanism of *Penicillium digitatum* on postharvest citrus (*Citrus reticulata* Blanco) based on transcriptomics. *Microorganisms*, 7(12), 672.
- Zhang, H., Ahima, J., Yang, Q., Zhao, L., Zhang, X., & Zheng, X. (2020). A review on citrinin: Its occurrence, risk implications, analytical techniques, biosynthesis, physicochemical properties and control. *Food Research International*, 110075.

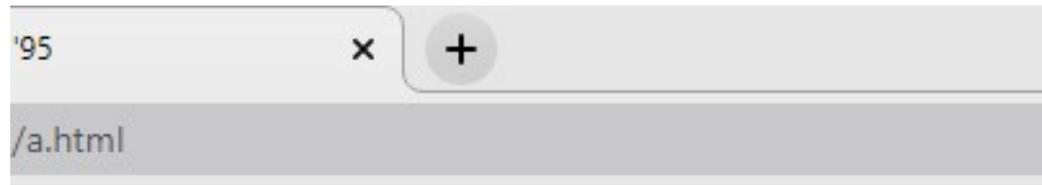
- Zhang, Y. J., Zhang, S., Liu, X. Z., Wen, H. A., & Wang, M. (2010). A simple method of genomic DNA extraction suitable for analysis of bulk fungal strains. *Letters in applied microbiology*, *51*(1), 114-118.
- Zhang, Z., Li, S., Sun, D., Yang, Y., Wei, Z., Wang, C., & Lu, L. (2020). Cultivation of *Rhodosporidium paludigenum* in gluconic acid enhances effectiveness against *Penicillium digitatum* in citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *172*, 111374.
- Ziv, C., Kumar, D., Sela, N., Itkin, M., Malitsky, S., Schaffer, A. A., & Prusky, D. B. (2020). Sugar-regulated susceptibility of tomato fruit to *Colletotrichum* and *Penicillium* requires differential mechanisms of pathogenicity and fruit responses. *Environmental microbiology*, *22*(7), 2870-2891.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Skor Color Card

KODE SAMPEL	PERLAKUAN	VARIETAS		L	A	B
P1 L1	1	1	Strong yellow C green N 144	70	37	68
P2 L1	2	1	Strong yellow green B 143	68	-42	37
K L1	3	1	Moderate olivegreen B 140	76	-23	72
P1 L2	1	1	Strong yellow green B N 144	73	33	75
P2 L2	2	1	Strong yellow green A 144	86	-25	66
K L2	3	1	Strong yellow green B N 144	58	-28	35
P1 L3	1	1	Strong greenish yellow A 151	70	37	68
P2 L3	2	1	Strong yellowish green A N 144	77	20	76
K L3	3	1	Vivid greenish yellow 150 A	79	16	83
P1 M1	1	2	Vivid yellow A 14	70	37	68
P2 M1	2	2	Brilliant greenish yellow A 1	89	-8	70
K M1	3	2	Full hijau kapang	68	-26	56
P1 M2	1	2	Full hijau kapang ujung coklat putih	63	43	57
P2 M2	2	2	$\frac{1}{7}$ hijau kapang $\frac{1}{4}$ coklat putih	69	-16	57
K M2	3	2	$\frac{1}{2}$ coklat putih $\frac{1}{2}$ kapang hijau	76	-24	72
P1 M3	1	2	Full kapang hijau lubang putih	86	0	57
P2 M3	2	2	$\frac{1}{2}$ full kapang $\frac{1}{2}$ coklat putih	69	-16	57
K M3	3	2	$\frac{1}{7}$ kapang hijau $\frac{1}{4}$ coklat putih (N25A)	72	-11	56

Salah satu contoh skor di website

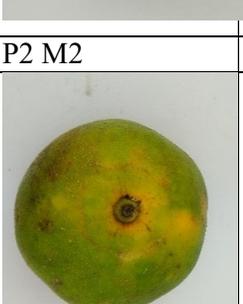
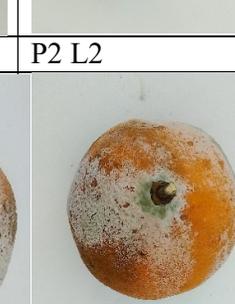
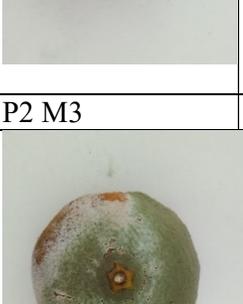
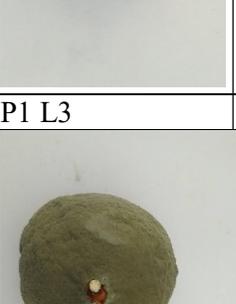
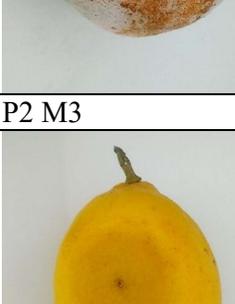
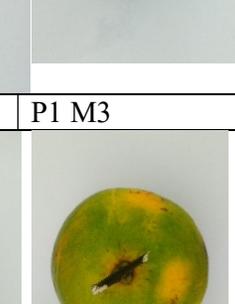


yellow - orange - red color

[Back](#)

RHS	sRGB			CIE L*	
	Out of RGB	R	G	B	D65 / a*
1A		233	228	93	89 -14
1B		229	228	109	88 -15
1C		235	234	159	91 -10
1D		242	236	177	93 -7
2A		244	229	85	90 -11
2B		240	231	110	90 -12
2C		243	239	164	93 -9
2D		244	234	184	93 -4
3A		247	230	86	90 -10
3B		243	231	103	91 -11
3C		245	235	144	92 -9
3D		248	238	170	94 -6
4A		247	232	113	91 -9
4B		248	238	139	93 -10
4C		246	236	163	93 -7

Lampiran 2 Gambar pengamatan color card

			
P2 L1	P2 L3	P1 M1	K L2
			
P2 M2	K L1	K M3	P2 L2
			
P2 M3	P1 L3	P2 M3	P1 M3
			
P1 M2	P1 L1	K L3	K M1

			
P1 L2	P2 M1	K M2	

Lampiran 3

Gambar Pengamatan intensitas perangan penyakit pada jeruk lemon dan

02 Juli 2021			
01 Juli 2021			
			
P1 L2	P1 I L3	P1 II L1	P1 V L3
			
P1 V L1	P1 IV L1		

jeruk manis

			
P1 V M1	P1 M3	P1 L1	P1 M2
			
P1 M1	P1 L2		

3 Juli 2021			
			
P1 L3	P1 M3	P1 M2	P1 M1
			
P1 L1	P1 L2	P2 IV M1	P1 III L3
			
P1 V M3	P1 V L2	P1 V L3	P1 V L1
			
K II L2	P1 V M1	K III L2	P1 III L1
			
P1 II M2	P1 IV L1	P1 III M2	P1 I M2
			

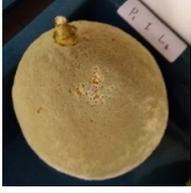
P1 II L3	P1 I L1	P1 III M3	P1 IV M2
			
P1 I M3	P1 IV L3	K III L3	P1 III L2
			
P1 II L2	P1 I M1	P1 II M1	P2 II L3
			
P1 II M3	P1 I L3	P1 I L2	
			

04 Juli 2021			
			
P2 IV M1	P1 IV M1	P1 III L3	P1 V M3
			
P1 V L2	P1 II L1	P1 V L3	P1 V L1

			
P1 V M2	K II L2	P1 L2	P1 M1
			
P1 M2	P1 M3	P1 L1	P1 L3
			
K IV L1	P1 I M3	P2 II L2	P1 III L2
			
K III L3	K III L2	P1 III L1	P1 IV L2
			
P1 II M2	P1 IV L1	P1 III M2	P1 I M2

			
P1 V M1	P1 IV L3	P1 II L3	P2 II L3
			
P1 I L3	P2 I L2	P1 II M3	P1 I L1
			
P1 I M1	P1 I L2	P1 III P1	K II L3
			
P1 IV M2	P1 II M1	P1 II L2	

05 Juli 2021			
			
P1 III L1	P1 II L2	K III L3	P1 III L2

			
P2 II L2	P1 I M3	P1 IV L3	P1 IV M2
			
K II L3	P1 III M3	P2 III M1	P1 I L1
			
P1 I L2	P1 I M1	P1 II M3	P2 I L2
			
P1 I L3	P2 II L3	P1 II L3	P1 II M1
			
K III L2	P2 IV M1	P1 V M3	P2 II M2
			
P2 V M1	P1 V L2	P1 II L1	P1 V L3

			
P2 V M3	P1 V L1	P2 I M3	P1 V M2
			
K II L2	P2 I M2	P2 V M2	P1 V M1
			
P1 I M2	P1 IV L1	P1 III M2	P1 IV L2
			
P2 II M2	P1 III L3	P1 III M1	P2 IV L3
			
P2 V M3	P2 III M1	P2 I M1	P2 M1

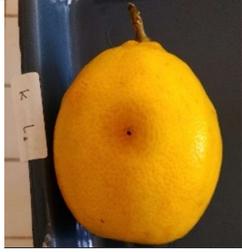
06 Juli 2021

			
P1 L2	P1 M1	P2 M2	P2 L3
			
P1 L3	P1 M3	P1 L1	P1 M2
			
K IV L1	P1 IV M1	P1 IV M3	

			
P1 V M1	P2 V M2	K II L1	K II L2
			
K I M3	P2 I M3	K V M1	P1 V L1
			
P1 V M2	K II M2	P1 III M1	K III L1
			
P2 V M3	P1 V L3	P1 II L1	P2 II M2

			
P1 V L2	P2 V M1	P2 V L2	P2 II M2
			
P2 III L3	K I M1	K V L1	P1 V M3
			
P1 III L3	K V M2	K V M3	P1 III L2
			
K III L3	P1 II L2	P2 III L1	P2 III M2

			
P1 III L1	P2 I L3	K III M2	K III L2
			
P1 I M2	P2 I M3	K I M2	P1 III M2
			
K II M1	P1 I M2	K II M3	P1 III M2
			
P2 I M2	K II M1	P2 III L2	K I L2
			
P2 I L1	P2 II L2		

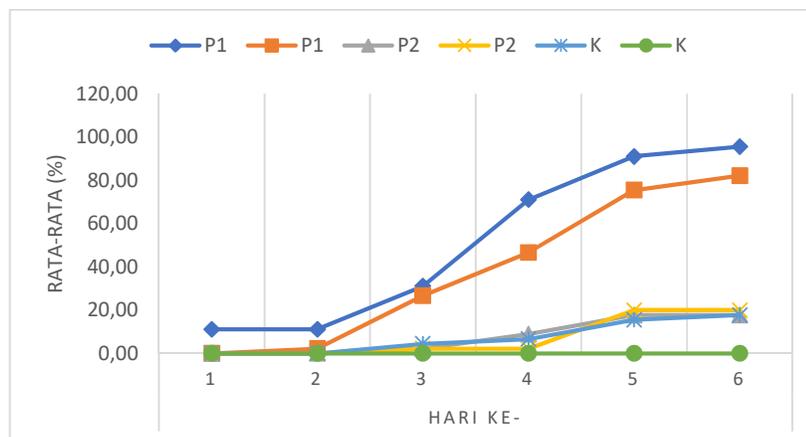
			
P2 M3	P1 L3	K M3	P2 L2
			
K M1	K L3	P1 II L3	P1 II M1
			
P2 II L3	P2 I M1	K I L3	P2 I L2
			
K I M2	P1 I L3	K V L3	P1 II M3
			
K I L2	P1 I L2	P1 I M2	P1 I L1

K V L2	P1 I L2	P1 I M1	P1 I L1
			
P2 V L1	P2 III M1	P2 II M1	P1 III M3
			
P2 IV M3	P2 V L3	K III M3	K II L3
			
P2 II L1	K III M1	K I L1	P1 I M3
			
P1 M3	K M2	P2 L1	P2 M1
			
K L2	P1 M1	P2 L3	P2 M2



Lampiran 3

DATA INTENSITAS SERANGAN%									
PERLAKUAN	VARIETAS	ULANGAN	HARI KE-1	HARI KE-2	HARI KE-3	HARI KE-4	HARI KE-5	HARI KE-6	rata-rata perulangan
P1	L	1	20.00	20.00	33.33	73.33	100.00	100.00	49.67
		2	0.00	0.00	26.67	60.00	86.67	86.67	37.43
		3	13.33	13.33	33.33	80.00	86.67	100.00	47.10
	M	1	0.00	6.67	20.00	40.00	66.67	86.67	31.57
		2	0.00	0.00	33.33	53.33	86.67	86.67	37.43
		3	0.00	0.00	26.67	46.67	73.33	73.33	31.86
P2	L	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
		2	0.00	0.00	0.00	13.33	26.67	26.67	9.81
		3	0.00	0.00	6.67	13.33	26.67	26.67	10.90
	M	1	0.00	0.00	6.67	6.67	26.67	26.67	9.67
		2	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00	6.00
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	13.33	13.33	4.24
K	L	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
		2	0.00	0.00	6.67	6.67	26.67	33.33	10.76
		3	0.00	0.00	6.67	13.33	20.00	20.00	9.00
	M	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
		2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43



$$\text{Tingkat keparahan penyakit (\%)} = \frac{\sum \text{no skala} \times \text{jumlah buah}}{\text{total buah} \times 3} \times 100$$

0 = tidak ada gejala

1 = kurang dari 25% dari permukaan buah menunjukkan gejala

2 = 26%-50% dari permukaan buah menunjukkan gejala

3 = lebih dari 50% terlihat gejala dengan jelas

Contoh perhitungan: $= ((1 \times 3) + (0 \times 2)) \times 100 / 15 = 20\%$

Dihitung dari masing-masing unit dan dikalian dengan skor sesuai kondisi buah

Lampiran 4
Kadar Sukrosa

PERLAKUAN	VARIETAS	ULANGAN	UJUNG	TENGAH	PANGKAL
P1	L	1	7.6	7.4	7.7
		2	9.6	8.0	8.9
		3	9.4	8.4	9.5
	M	1	13.8	15.1	14.1
		2	13.2	12.5	16.1
		3	10.6	10.3	9.0
P2	L	1	8.1	8.3	7.9
		2	7.5	7.9	8.3
		3	6.5	6.5	5.9
	M	1	12.3	13.6	9.7
		2	12.8	11.0	9.8
		3	12.5	12.1	10.0
K	L	1	7.3	7.6	7.2
		2	7.9	7.9	7.1
		3	10.4	11.0	10.5
	M	1	11.6	12.8	10.2
		2	8.1	8.6	7.6
		3	10.7	10.9	9.0

Kadar gula dengan alat refraktometer dengan satuan *brix*

Lampiran 5
Kadar Vitamin C

PERLAKUAN	VARIETAS	ULANGAN	HASIL
P1	L	1	42.2
		2	63.3
		3	52.8
	M	1	105.6
		2	105.6
		3	130.2
P2	L	1	59.8
		2	35.2
		3	42.2
	M	1	140.8
		2	91.5
		3	88
K	L	1	63.3
		2	42.2
		3	52.8
	M	1	140.8
		2	98.5
		3	88

$$\text{Vit. C (mg/100g)} = \frac{(V I \times 0.88 \times Fp) \times 100}{W s \text{ (gram)}}$$

$V I_2$ = Volume Iodium (mL)

0,088 = 0,88 mg asam askorbat setara dengan 1 mL larutan L_2 0,001 N

Fp = Faktor Pengenceran

$W s$ = Berat sampel (gram)

Fp = volume pengenceran : volume yang di ambil

Nilai v_0-v_1 dari titrasi $(3) \times 0.88 \times 100/25/ 10 = 88\%$

Lampiran 6

Kadar Keasaman

PERLAKUAN	VARIETAS	ULANGAN	HASIL
P1	L	1	50
		2	108
		3	58
	M	1	27
		2	54
		3	8
P2	L	1	62
		2	32
		3	112
	M	1	14.4
		2	16
		3	24
K	L	1	40
		2	88
		3	87
	M	1	16.4
		2	22
		3	12.4

$$\text{TAT (\%)} = \frac{(\text{ml NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{Fp}) \times 100\%}{\text{W s (gram)}}$$

mL NaOH = Jumlah larutan NaOH untuk titrasi (ml)

N = Normalitas NaOH

Fp = Faktor Pengenceran

W s = Berat sampel (gram)

Fp = volume pengenceran : volume yang di ambil = 100/25=4

Contoh: 8 x 0.01 x 4 x 100%/10=32%

Lampiran 7

Jarak Genetik

1	Spesies	1	2	3	4	5
2	<i>Penicillium expansum</i>					
3	<i>Penicillium griseofulvum</i>	1,09975				
4	<i>Penicillium italicum</i>	1,13759	1,71713			
5	<i>Penicillium citrinum</i>	0,14480	1,28408	1,29328		
6	<i>Penicillium digitatum</i>	0,20011	1,50488	1,37540	0,23315	
7	<i>Penicillium flavigenum</i>	0,00000	1,00000	1,15000	0,11000	0,00000

```
*sequence (5).fasta - Notepad
File Edit Format View Help
>Penicillium griseofulvum
ATGGCTCTCTATCCAAAGTGGCTTTTGTACCTTCGGTGGGATCAATGGGGCAATGGCTGGGGTGGGG
TGGGCATCGGACAGTGGCTTATGTGGCAAGATTAATATTTTATCTGAAGCCGATGATGGTAAAGTCT
TCTAAAGAATTATAAAGCCATAATGTTCAATTTCAATGATTTTCMAGGGCACAGAATAATCTCAATGA
CACTTCCAATCATACAGCAAACTGGTCTCTTGGGGGCAAAATAGCCCTCACAGACGACGGCAAA
TGGTACGCCCCATTGCACTACATTGATGCTGGATGACCCGCAAAAAGCTGCACGTGGATACGACG
GGCAGTGTGGAGCAGGGCTGCTCGGCTCTGCCGCTTACACTTTCGCGTGGCAGGACGGCAG
ACTTAGCACGACATACGGCCGAAGCTCTAGATTCTGCTCACCTTCAATGGTATACGCGACCA
TTGCACGACGAACTACGAGGTTGGCGAAATGGCATCGACCTCACTTTCGACGGCTACGATGACAATC
TCCACTCGGATTGGGATACATATATGCCGAAAGTTGGTGGCGGAGTTCGCTCACGATGCGCAGGG
GTGGCTGACAGCTGGTCTGATGATTAATCCGGCACCTACAAGGAGCAAGCTGAGAGCTGGATTGAA
GGTGATACATCAGTGACGCTGCTCACTGCTACTCGATGGGCTCGAATGCCAATGCTTTATCTGTA
CTGTTGATCGCGGACGGAGCTGGCTTTGCGAGCTGGTGTCTTACCAGCATATACAACTCCGC
CATCGGGAGATCGAGATGCAAGTTGCTAAGGGGCTTACCGGCTAGCGAATGGATCAATCTGATCTAC
GAGCAAAAGGTTGCCAAGATCTGTCAAGGAAATCGTCAAAAGGCTCCGAGATGCACTCTGAGACCG
AGTTTGTTCGGCTCTCCCTCGGAGCTCTGCAATGAGCTGTGCGAATATGGCTAGAGCTGCTATGGG
AGGACTTGTGTCACCTCAGAAGGAGCTGAGCATAGCATTGA
>Penicillium expansum
CCCAGTATTACAATTCATCCGACTCGGTGCGAGGGGGCTACACTAGTATCATGAGAACTCACAAG
ACAGCCGACTTACCTCACGACGACTACAGAGCTGGGTTTCACTCATAAAGCAAGGAAATGGGAA
GGGCTACAGTGTGGCATTGAGTTGAGTCCATCGCAGAACGTACTTTCGACGAATGGGCTTTTCG
CGAAAACGCGCAAGGGGATGGATTGACTGCTTACACTATGCTGATGCTGATGCTGAGGAAATGGGA
TGATGAGAGCTGTTGTCAGGACGATTTCAAGTATGGGACGGTGTGAGTCTTGTGGGGATGTCAGGA
TGCCCTAGGGGATTTGGCGGATGGAGATTGGAATTCAGCGGATACAGGCTTGGTTCAGAGTTAT
GTTTGATTTCCAGAAGAAGTGGACTTCTGCGGATTCAGTCAAGAAATGGGAAAGAGATAGAGG
GAATTTGAGATTGAATGGCTATTGTTTTATAGAGTAATAGGTTACAGATTTTACTGTTTTCTA
ATGAATTTTATGATCGCTC
>Penicillium italicum
GCATATTCAATAGCGGGGAAAAGAAACCAACAGGGGATGGCCAGTAACGGCGAGTGAAGCGGCAAG
AGCTCAAAATGAAAGCTGGCTCTCGGGTCCGATTGTAATTTGAGAGGATGCTTCGGGACGGTCC
CCACTAAGTCCCTTGGAAAGGGAGCTCATAGGGGTGAGAACTCCGATGGGATGGGCTCCGCGCC
CGTGAAGCTCTTCCGACGAGTGAAGTTTGGGAATGCACTCTAATGGGTGGTAAATTCATCTA
AAGCTAAATATTGGCCGAGACGATAGCGACAGTAGAGTATGCAAGATGAAAGCACTTTGAAA
GAGAGTTAAAAGCAGTGAATTTGTAAGGGAAGCGCTTGGCAGCAGCTGCTCGGGGTTACGC
CGCATTCGTGCGGTGATTTCCCGCGGGGGGCGAGCTCGGTTGGGGCTCGCTCAAGGCCCTC
```

a. Proses Penyatuan Sequencing

b. P

MX: Alignment Explorer (penicillium.fasta)

Data Edit Search Alignment Web Sequencer Display Help

DNA Sequences | Translated Protein Sequences

Species/Abbrv

1. Penicillium_expansum G C C C T T T G T A C A C C C C C G T C G G T A C C G A T T G A A T G G C T C A G T G A G G C C T T G G G A T T G G C T T A G G A G G G T T G G

2. Penicillium_griseofulvum T G G T C T C T A T C C A A G A G T G C T T T T G T C A C C T T C G G T G C G A T C A A T G G G C A A A T G C G T G G G T G C G T G G C C A T G C

3. Penicillium_italicum C A T A T C A A T A A G C G G A G G A A A A G A A A C A A C A G G G A T T G C C C A G T A A C G G C G A G T G A A G C G C A G A C A A A T

4. Penicillium_citrinum A A A A C A A T T G C G G G C C C T C G G G C C C A A A C C C C A C C G T T T G C C C G A A C C T A T G T T G C C T G G C G G G C C C C G C C C C

5. Penicillium_digitatum A A A A C G A A T G A A G G C C T C T G G G T C C A A A C C C C A C C G T T T A T T T A C C T T G T T G C T T C G G C G G G C C G C C T T A C T C

6. Penicillium_flavigenum C C C T T G G A T T G G C T T A G G A G G G T T G G C A A C G C C C C C A G A G C C G A A A C T T G G T C A A A C T C G T C A T T A G A G G A A T

7. Lichtheimia_corymbifera G G T T A A G G A A G T T C T T A G C C T T G G G G T T G G C C T A A C T T A A G G T T C T C T T A A G G T T C C A C A G T T A T G C A A T

ejajaran

Lampiran 8

ISOLAT P1

a. Hasil Sequencing

select all 100 sequences selected

GenBank Graphics Distance tree of results [New! MSA Viewer](#)

	Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
<input checked="" type="checkbox"/>	Penicillium digitatum strain Grapefruit PD internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA...	Penicillium digita...	765	1531	65%	0.0	95.61%	556	MT448740.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Penicillium digitatum strain CMV010G4 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer...	Penicillium digita...	765	1531	65%	0.0	95.61%	845	MK450692.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Penicillium digitatum isolate PD-2 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spa...	Penicillium digita...	765	1531	65%	0.0	95.61%	596	MN880263.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Penicillium digitatum isolate Pd5-17Pc internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gen...	Penicillium digita...	765	1531	65%	0.0	95.61%	550	MN186850.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Penicillium digitatum strain OR5 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S...	Penicillium digita...	765	1531	65%	0.0	95.61%	574	MH427069.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Penicillium digitatum strain OR4 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S...	Penicillium digita...	765	1531	65%	0.0	95.61%	571	MH427068.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Penicillium digitatum voucher UNASAM-FUN-0085 internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S riboso...	Penicillium digita...	765	1531	65%	0.0	95.61%	547	MH980137.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Penicillium digitatum strain PU10 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spa...	Penicillium digita...	765	1531	65%	0.0	95.61%	592	MK878440.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Penicillium digitatum strain AK26 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spa...	Penicillium digita...	765	1531	65%	0.0	95.61%	566	MK736918.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Penicillium digitatum strain AK25 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spa...	Penicillium digita...	765	1531	65%	0.0	95.61%	569	MK736917.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Penicillium digitatum strain AK23 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spa...	Penicillium digita...	765	1531	65%	0.0	95.61%	569	MK736915.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Penicillium digitatum strain AK22 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spa...	Penicillium digita...	765	1531	65%	0.0	95.61%	571	MK736914.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Penicillium digitatum strain AK21 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spa...	Penicillium digita...	765	1531	65%	0.0	95.61%	569	MK736913.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Penicillium digitatum strain AK20 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spa...	Penicillium dinita...	765	1531	65%	0.0	95.61%	564	MK736912.1

[Feedback](#)

```

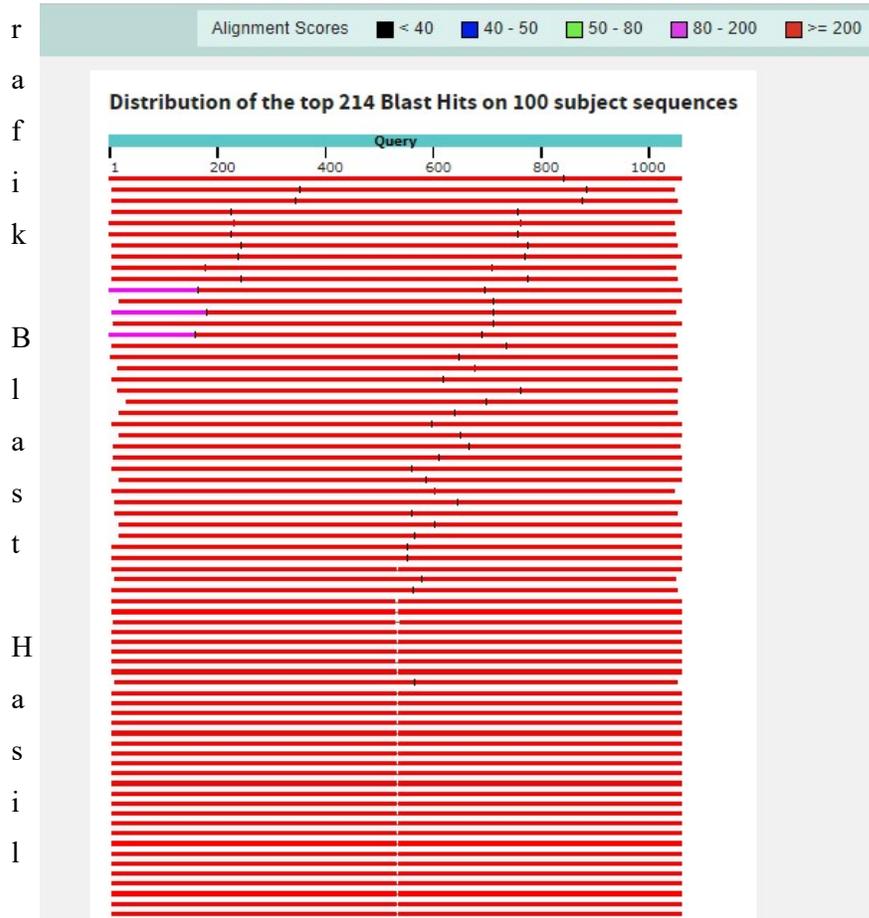
AAAACGATTGCGGGCCCTCGGGGCCAACCTCCCACCCGTGTTGCCGAACCTATGTT
CCTCGGCGGGCCCCGCGCCCGCCGACGGCCCCCTGAACGCTGTCTGAAGTTGCAGTC
TGAGACCTATAACGAAATTAGTTAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGTTCCGGCATC
GATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAACTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCAT
CGAGTCTTTGAACGCACATTGCGCCCTCTGGTATTCCGGAGGGCATGCCTGTCCGAGCG
TCATTGCTGCCCTCAAGCCCGGCTTGTGTGTTGGGCCCCGTCCCCCGCCGGGGGGAC
GGCCCCGAAAGGCAGCGGCGGCACCGCGTCCGGTCCTCGAGCGTATGGGGCTTCGTC
ACCCGCTCTAGTAGGCCCGGCCGCGCCAGCCGACCCCAACCTTTAATTATCTCAGGT
TGACCTCGGATCAGGTAGGGATACCCGCTGAACCTAAGCATATCAATAAGACGTGAGG
AAAAACGATTGCGGGCCCTCGGGGCCAACCTCCCACCCGTGTTGCCGAACCTATGTT
GCCTCGGCGGGCCCCGCGCCCGCCGACGGCCCCCTGAACGCTGTCTGAAGTTGCAGT
CTGAGACCTATAACGAAATTAGTTAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGTTCCGGCATC
GATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAACTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCAT
CGAGTCTTTGAACGCACATTGCGCCCTCTGGTATTCCGGAGGGCATGCCTGTCCGAGCG
TCATTGCTGCCCTCAAGCCCGGCTTGTGTGTTGGGCCCCGTCCCCCGCCGGGGGGAC

```

GGGCCCCGAAAGGCAGCGGGCGGCACCGCGTCCGGTCCTCGAGCGTATGGGGCTTCGTC
 ACCCGCTCTAGTAGGCCCGGCCGGCGCCAGCCGACCCCCAACCTTTAATTATCTCAGGT
 TGACCTCGGATCAGGTAGGGATACCCGCTGAACTTAAGCATATCAATAAGACGTGAGG

A

b. G



Isolat

Lampiran 9
Isolat P2

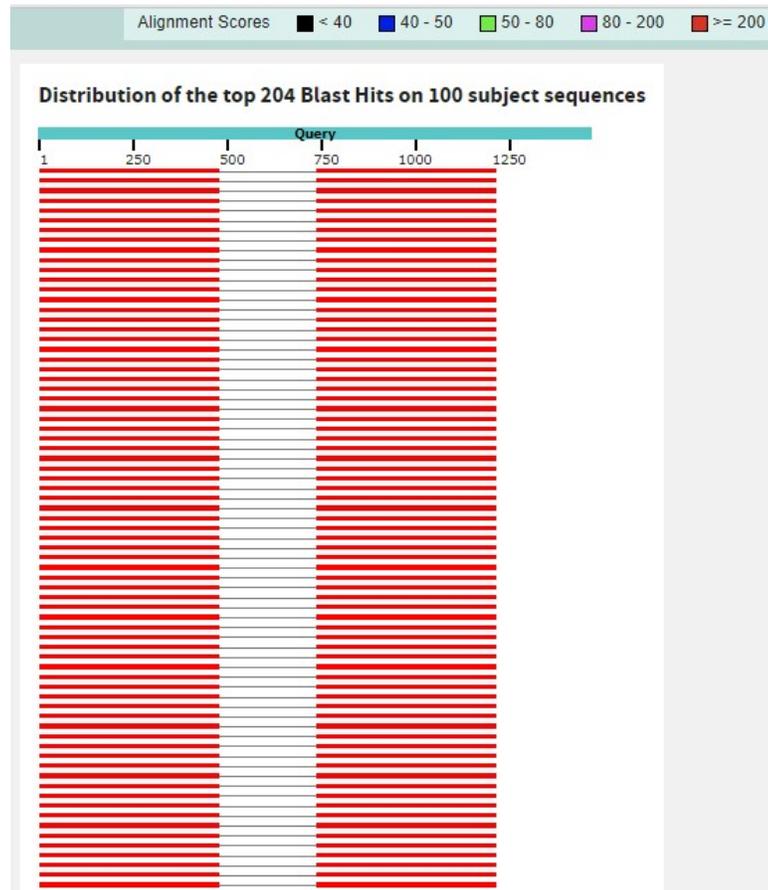
Incultured fungus clone S116 internal transcribed spacer 1, partial sequence: 5.8S ribosomal RNA gene and inter...	uncultured fungus	1277	2586	98%	0.0	94.08%	837	KY
'enicillium citrinum isolate S5 internal transcribed spacer 1, partial sequence: 5.8S ribosomal RNA gene and intern...	Penicillium citrinum	1262	2553	98%	0.0	94.61%	816	MF
'enicillium citrinum isolate M46 internal transcribed spacer 1, partial sequence: 5.8S ribosomal RNA gene and inte...	Penicillium citrinum	1216	2450	99%	0.0	96.76%	722	ML
'enicillium citrinum strain G12F internal transcribed spacer 1, partial sequence: 5.8S ribosomal RNA gene and inte...	Penicillium citrinum	1208	2426	98%	0.0	96.37%	734	MF
'enicillium citrinum isolate HZN13 internal transcribed spacer 1, partial sequence: 5.8S ribosomal RNA gene and i...	Penicillium citrinum	1201	2416	98%	0.0	96.24%	726	KF
'enicillium citrinum isolate S8 internal transcribed spacer 1, partial sequence: 5.8S ribosomal RNA gene and intern...	Penicillium citrinum	1168	2367	98%	0.0	95.22%	738	MF
'enicillium citrinum strain XQ10 internal transcribed spacer 1, partial sequence: 5.8S ribosomal RNA gene and inte...	Penicillium citrinum	1155	2315	99%	0.0	95.19%	720	KL
'enicillium sp. isolate TSE37 internal transcribed spacer 1, partial sequence: 5.8S ribosomal RNA gene and intern...	Penicillium sp.	1149	2313	98%	0.0	96.97%	685	MT
'enicillium citrinum strain XQ27 internal transcribed spacer 1, partial sequence: 5.8S ribosomal RNA gene and inte...	Penicillium citrinum	1131	2276	98%	0.0	94.53%	722	KL
'enicillium citrinum strain DGLF6 internal transcribed spacer 1, partial sequence: 5.8S ribosomal RNA gene and in...	Penicillium citrinum	1110	2228	100%	0.0	96.62%	663	KY
'enicillium hetheringtonii strain XQ33 internal transcribed spacer 1, partial sequence: 5.8S ribosomal RNA gene a...	Penicillium hethe...	1101	2024	98%	0.0	95.95%	672	KL
'enicillium citrinum strain XQ20 internal transcribed spacer 1, partial sequence: 5.8S ribosomal RNA gene and inte...	Penicillium citrinum	1099	2210	98%	0.0	95.94%	670	KL
'enicillium citrinum strain XQ18 internal transcribed spacer 1, partial sequence: 5.8S ribosomal RNA gene and inte...	Penicillium citrinum	1094	2022	99%	0.0	95.42%	679	KL

a. Hasil Sequencing

AAAACGAATGAAGGCCTCTGGGTCCAACCTCCCACCCGTGTTATTTTACCTTGTTGCTTCGGCG
 GGCCCGCCTTTACTGGCCGCCGGGGGCTCACGCTCCCGGGCCCGCGCCCGCCGAAGACACCC
 CCGAACTCTGTCTGAAGATTGCAGTCTGAGTGAAAACGAAATTATTTAAAACCTTCAACAACGG
 ATCTCTTGTTCCGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATACGTAATGTGAATTGCAAAT
 TCAGTGAATCATCGAGTCTTTGAACGCACATTGCGCCCCCTGGTATTCCGGGGGGCATGCCTGT
 CCGAGCGTCATTGCTGCCCTCAAGCCCGGCTTGTGTGTTGGGCCCGTCCCCGATCCCGGGGG
 ACGGCTCCGAAAGGCAGCGGCGGCACCGCTTCCGGTCTCAAGCGTATGGTCTCAGACTCCCG
 CTATGAAGGACCGAGACAGCGCCTGCCATCAAGGCCAGCATTATTGCCCGAATCGAAAAAA
 GACCACGTTGCTNACATATTTCCATNACTCCACACCCTGGATATCATCGCGTGAGGCCATCTCGA
 TCCACACCGGCTAAATCTTACAGGACTATATCGATACCNNNTTATGCCCTGGNGGCTCCCTC
 GTGCGCTCTCCAGTACCCACACTGCCGTTACAGGATACCTGTCCGACTATCACNCTTCTAAAA
 CTTNANCTTGACATAGCTCACGCTGCAAAAACGAATGAAGGCCTCTGGGTCCAACCTCCCACC
 CGTGTATTTTACCTTGTTGCTTCGGCGGGCCCGCCTTACTGGCCCGGGGGGCTCACGCTC
 CCGGGCCCGCGCCCGCCGAAGACACCCCGAACTCTGTCTGAAGATTGCAGTCTGAGTGAAAAC
 GAAATTATTTAAAACCTTCAACAACGGATCTTTGGTTCGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAA
 ATGCGATACGTAATGTGAATTGCAAATTCAGTGAATCATCGAGTCTTTGAACGCACATTGCGCCC
 CCTGGTATTCCGGGGGGCATGCCTGTCCGAGCGTCATTGCTGCCCTCAAGCCCGGCTTGTGTGT
 TGGGCCCGTCCCCGATCCCGGGGGACGGCTCCGAAAGGCAGCGCGCACCGCTTCCGGTC
 CTAAGCGTATGGTCTCAGACTCCCGCTATGAAGGACCGAGACAGCGCCTGCCATCAAGGCC

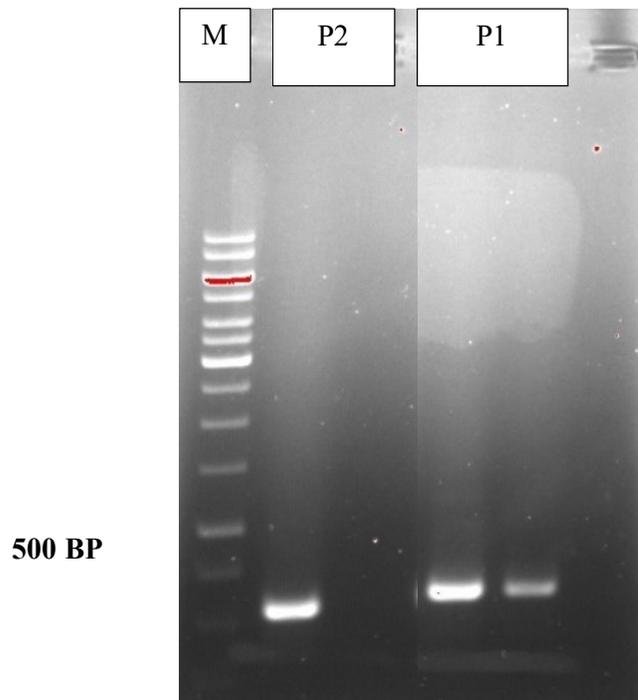
AGCATTATTGCCCCGAATCGAAAAAAGACCACGTTGCTNACATATTTCCATNACTCCACACCCTG
GATATCATCGCGTGAGGCCATCTCGATCCACACCGGCTAAATCTTACAGGACTATATCGATACCN
NNNTTATGCCCTGGNGGCTCCCTCGTGCGCTCTCCAGTACCCACACTGCCGCTTACAGGATAC
CTGTCCGACTATCACNCTTCTAAAACCTTANCTTGCACATAGCTCACGCTGCA

b. Grafik Hasil Blast Isolat



Lampiran 10

- a. Gambar hasil elektroforesis uji kualitas DNA





KEMENTERIAN AGAMA
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
 PROGRAM STUDI BIOLOGI
 Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. (0341) 558933 Fax. (0341) 558933

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Irma Solekha Diniya
 NIM : 17620104
 Program Studi : S1 Biologi
 Semester : Genap TA 2020/2021
 Pembimbing : Priya Dewi Fitriyani, M. Sc.
 Judul Skripsi : Infeksi *Penicillium* sp. pada Buah Jeruk Lemon (*Citrus Limon*) Nipis (*Citrus Aurantiifolia*) Pascapanen

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Tt
1.	2001/2021	Konsultasi Mengenai Judul Penelitian	-
2.	02/02/2021	Konsultasi BAB I & III	f
3.	09/03/2021	Konsultasi dan Revisi BAB I, II, III	f
4.	16/03/2021	Konsultasi dan Revisi BAB I,II,III	f
5.	11/04/2021	Konsultasi dan Revisi BAB I,II,III	f
6.	14/04/2021	ACC Naskah Proposal	f
7.	03/09/2021	Konsultasi pengujian dan PCR ulang 1 sampel	f
8.	25/09/2021	Konsultasi pembahahasan hasil Sequensing BAB IV	f
9.	07/10/2021	Konsultasi kekurangan penulisan BAB IV	f
10.	22/10/2021	Konsultasi naskah skripsi BAB IV dan BAB V	f
11.	27/10/2021	Konsultasi revisi BAB IV	f
12.	29/10/2021	Konsultasi revisi terakhir naskah skripsi	f
13.	01/11/2021	ACC Naskah skripsi	f

Pembimbing Skripsi,

Priya Dewi Fitriyani





KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM M
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp (0341) 558933, Fax. (0341) 558934

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Irma Solekha Diniya
NIM : 17620104
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Genap TA 2020/2021
Pembimbing : M. Imamuddin, M. A
Judul Skripsi : Infeksi *Penicillium* sp. pada Buah Jeruk Lemon (*Citrus Limon*) Nipis (*Citrus Aurantifolia*) Pascapanen

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd
1.	07 April 2021	Konsultasi Integrasi Al-Qur'an Proposal Skripsi BAB I dan II	<i>Il</i>
2.	14 April 2021	ACC Integrasi Al-Qur'an Proposal Skripsi	<i>Il</i>
4.	05/11/2021	Revisi penambahan maksud ayat BAB IV	<i>Il</i>
5.	06/11/2021	ACC Naskah skripsi	<i>Il</i>

Pembimbing Skripsi,

Malang, 0



Dipindai dengan CamScanner



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK
IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp / Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi

Nama : Irma Solekha Diniya
NIM : 17620104
Judul : INFEKSI *Penicillium* sp. PADA BUAH JERUK LEMON
(*Citrus limon*) DAN JERUK MANIS *Citrus sinensis* (L.
Osbeck) PASCAPANEN

No	Tim Checkplagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si		
4	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc	25%	

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P

NIP. 19741018 200312 2 002