



**PEMBUATAN DAN UJI POTENSI KITOSAN CANGKANG RAJUNGAN  
SEBAGAI BAHAN PELINDUNG BUAH CABAI MERAH  
(*Capsicum annum* L.) DARI SERANGAN  
PENYAKIT ANTRAKNOSA**

**SKRIPSI**

Oleh

**Moch Azam Baihaqi**

**NIM. 131510501185**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2017**



**PEMBUATAN DAN UJI POTENSI KITOSAN CANGKANG RAJUNGAN  
SEBAGAI BAHAN PELINDUNG BUAH CABAI MERAH  
(*Capsicum annum* L.) DARI SERANGAN  
PENYAKIT ANTRAKNOSA**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Sarjana (S1) pada Program Studi Agroteknologi  
Fakultas Pertanian Universitas Jember

Oleh

**Moch Azam Baihaqi**

**NIM. 131510501185**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2017**

## PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT atas segala karunia dan limpahan rahmat dalam penyelesaian karya ilmiah ini, sehingga dapat terselesaikan dengan lancar.
2. Kedua orang tua tercinta Ayahanda Noer Wasis dan Ibunda Ani Rochmaniyah serta sanak keluarga, atas dukungan moral, kasih sayang, dan do'a yang tak henti-hentinya mereka panjatkan, merupakan kekuatan saya untuk tetap berjuang menyelesaikan pendidikan Sarjana Pertanian.
3. Seluruh Dosen Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan ilmu selama proses belajar dengan penuh kesabaran.
4. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember yang saya cintai dan banggakan.

**MOTTO**

“Sesungguhnya orang yang termasuk orang yang baik-baik ialah orang yang paling baik akhlak dan adab sopannya.” (HR. Muslim)

“Sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya Aku akan menambah (nikmat) kepadamu.” (Q.S. Ibrahim : 7)

“Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya dan sesungguhnya usahanya itu kelak akan diperlihatkan (kepadanya), kemudian akan diberi balasan kepadanya dengan balasan yang paling sempurna.”

(Q.S. An-Najm : 39-41)

“Gantungkan cita-citamu setinggi langit! Bermimpilah setinggi langit. Jika engkau jatuh, engkau akan jatuh di antara bintang-bintang.” (Ir. Soekarno)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Moch Azam Baihaqi

NIM : 131510501185

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“Pembuatan dan Uji Potensi Kitosan Cangkang Rajungan sebagai Bahan Pelindung Buah Cabai Merah (*Capsicum annum L.*) dari Serangan Penyakit Antraknosa”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 9 Oktober 2017

Yang menyatakan,

Moch Azam Baihaqi  
NIM. 131510501185

**SKRIPSI**

**PEMBUATAN DAN UJI POTENSI KITOSAN CANGKANG RAJUNGAN  
SEBAGAI BAHAN PELINDUNG BUAH CABAI MERAH (*Capsicum  
annum* L.) DARI SERANGAN PENYAKIT ANTRAKNOSA**

**Oleh**

**Moch Azam Baihaqi**

**NIM. 131510501185**

**Pembimbing:**

Dosen Pembimbing Utama : Hardian Susilo Addy, SP., MP. Ph.D  
NIP. 198011092005011001

Dosen Pembimbing Anggota : Prof. Ir. Wiwiek Sri Wahyuni, MS., Ph.D  
NIP.195212171980032001

**PENGESAHAN**

Skripsi yang Berjudul “Pembuatan dan Uji Potensi Kitosan Cangkang Rajungan sebagai Bahan Pelindung Buah Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) dari Serangan Penyakit Antraknosa”, telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 9 Oktober 2017

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

**Dosen Pembimbing Utama,**

**Dosen Pembimbing Anggota,**

**Hardian Susilo Addy, SP., MP. Ph.D.**  
NIP. 19801109 200501 1 001

**Prof. Ir. Wiwiek Sri Wahyuni, MS., Ph.D.**  
NIP. 19600122984031002

**Penguji I,**

**Penguji II,**

**Dr. Suhartiningsih Dwi Nurcahyanti, SP., M.Sc.**  
NIP. 196401071988021001

**Ir. Hartadi, MS.**  
NIP. 196709061992031004

**Mengesahkan  
Dekan,**

**Ir. Sigit Soeparjono, MS. Ph.D**  
NIP. 196005061987021001

## RINGKASAN

**Pembuatan dan Uji Potensi Kitosan Cangkang Rajungan sebagai Bahan Pelindung Buah Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) dari Serangan Penyakit Antraknosa;** Moch Azam Baihaqi; 131510501185; 42 halaman; Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Perkembangan penyakit pada produk pascapanen hortikultura dapat dihambat dan dikendalikan dengan menggunakan bahan pelapis alami. Salah satu bahan alami yang dapat digunakan sebagai pelapis pada produk pascapanen yaitu kitosan. Kitosan merupakan kitin yang terdeasetilasi diperoleh dari cangkang atau kulit terluar Crustacean, seperti kepiting, udang, rajungan, dan lain-lain. Kitosan dapat diperoleh melalui tiga proses, antara lain demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Kitosan memiliki kemampuan antimikrobia sehingga dapat menghambat pertumbuhan jamur melalui gugus amino yang bermuatan positif ( $\text{NH}_2^+$ ) berikatan dengan muatan negatif ( $\text{OH}^-$ ) dari dinding sel jamur yang tersusun dari kitin. Hal tersebut berakibat penghambatan nutrisi sehingga sel kekurangan nutrisi dan pertumbuhannya terhambat. Pengujian dilakukan dengan dua tahapan, antara lain secara *in vitro* dan *in vivo*.

Karakteristik kitosan yang diperoleh, antara lain rendemen 32,29%, uji biuret berwarna ungu, kelarutan sebagian larut, kadar abu 0,02%, titik leleh  $193,2^\circ\text{C}$ , kadar air 6,87%, bentuk partikel kristal, dan viskositas 192,9 centipoise. Patogen *Colletotrichum* sp. diisolasi dari buah cabai merah yang terinfeksi. Penelitian ini meliputi 2 tahapan, antara lain secara *in vitro* dan *in vivo*. Pengujian secara *in vitro* pada konsentrasi 2 mg/ml B sudah mampu menghambat pertumbuhan dan perkembangan jamur *Colletotrichum* sp. pada media PDA dibandingkan dengan perlakuan kontrol, sedangkan secara *in vivo* pada konsentrasi 2 mg/ml PA dan 6 mg/ml B mampu memperpanjang masa inkubasi mencapai 3,67 hari dan menekan keparahan penyakit antraknosa 33,33%, tetapi tidak berpengaruh terhadap susut berat dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

## SUMMARY

**Production And Test Of Chitosan Potential From Crab Shell Waste As Natural Coating Materials On Red Chili (*Capsicum Annum L.*) From The Anthracnose Disease;** Moch Azam Baihaqi; 131510501185; 42 Pages; Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture University of Jember.

The development of disease in horticultural postharvest products can be inhibited and controlled using natural coatings. One of the natural ingredients that can be used as a coating on postharvest products is chitosan. Chitosan is a deacetylated chitin obtained from the shell or outer shell of Crustaceans, such as crabs, shrimp, crabs, and others. Chitosan can be obtained through three processes, including demineralization, deproteination, and deacetylation. Chitosan has an antimicrobial ability that can inhibit the growth of the fungus through a positively charged amino group (NH<sub>2</sub>) binding to the negative charge (OH<sup>-</sup>) of the fungal cell wall composed of chitin. This results in inhibition of nutrients so that the cells are deprived of nutrients and growth is inhibited. The test is done in two stages, among others in vitro and in vivo.

The result showed the characterization of chitosan obtained include: the yield is 32,29%, biuret test is purple, solubility in acetic acid is partially dissolved, ash content is 0,02%, melting point is 193,2°C, water content is 6,87%, particle shape is crystal, and viscosity is 192,9 centipoise. Pathogen *Colletotrichum* sp. was isolated from infected red chilies. The test is done in 2 stages, among others in vitro and in vivo. The result of in vitro testing at a concentrations of 2 mg/ml B has been able to inhibit the growth and development of the fungus *Colletotrichum* sp. in PDA medium than control treatment, whereas in vivo at concentration 2 mg / ml PA and 6 mg / ml B were able to extend the incubation period to 3.67 days and reduce the severity of 33.33% anthracnose disease but did not affect toward the heavy shrinkage compared with the control treatment.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, taufik dan rido-Nya sehingga dapat terselesaikannya skripsi yang berjudul **“Pembuatan dan Uji Potensi Kitosan Cangkang Rajungan sebagai Bahan Pelindung Buah Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) dari Serangan Penyakit Antraknosa”** ini dengan baik. Penyelesaian Skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih atas semua dukungan dan bantuan kepada:

1. Ir. Sigit Soeparjono, M.S., Ph.D. selaku dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
2. Ir. Hari Purnomo, M.Si., Ph.D, DIC., selaku Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.
3. Dr. Ir. Sugeng Winarso, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa.
4. Hardian Susilo Addy, SP., MP., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) untuk waktu, arahan, bimbingan, dan kesabaran selama membimbing penyusunan skripsi ini.
5. Prof. Ir. Wiwiek Sri Wahyuni, MS., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) untuk waktu, arahan, dan motivasi selama penyusunan skripsi ini.
6. Dr. Suhartiningsih Dwi Nurcahyanti SP., M.Sc. selaku Dosen Penguji Utama untuk waktu, arahan, bimbingan, motivasi selama penyusunan skripsi ini.
7. Ir. Hartadi, MS. selaku Dosen Penguji Anggota untuk waktu, arahan, bimbingan selama penyusunan skripsi ini.
8. Ayahanda Noer Wasis, Ibunda Ani Rochmaniyah, Saudari Nurina Anggraini, serta segenap keluarga yang selalu memberikan doa, semangat, motivasi, dan dukungan hingga terselesaikannya penelitian ini.
9. Rekan-rekan dari keluarga besar Fourtek 2013, E'Agroteknologi 2013, Bacteriophage Team, dan rekan-rekan seperjuangan Agroteknologi 2013 yang telah mendukung dan membantu dalam penelitian.

10. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian karya ilmiah tertulis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Demikian penyusunan skripsi ini sebagai laporan pertanggungjawaban penelitian dengan harapan hasil penelitian yang telah diperoleh dapat bermanfaat bagi pengembangan pengetahuan dan sebagai informasi yang dapat digunakan sebagai acuan bagi para peneliti maupun pihak yang terkait dalam mengembangkan penelitian.

Jember, 9 Oktober 2017

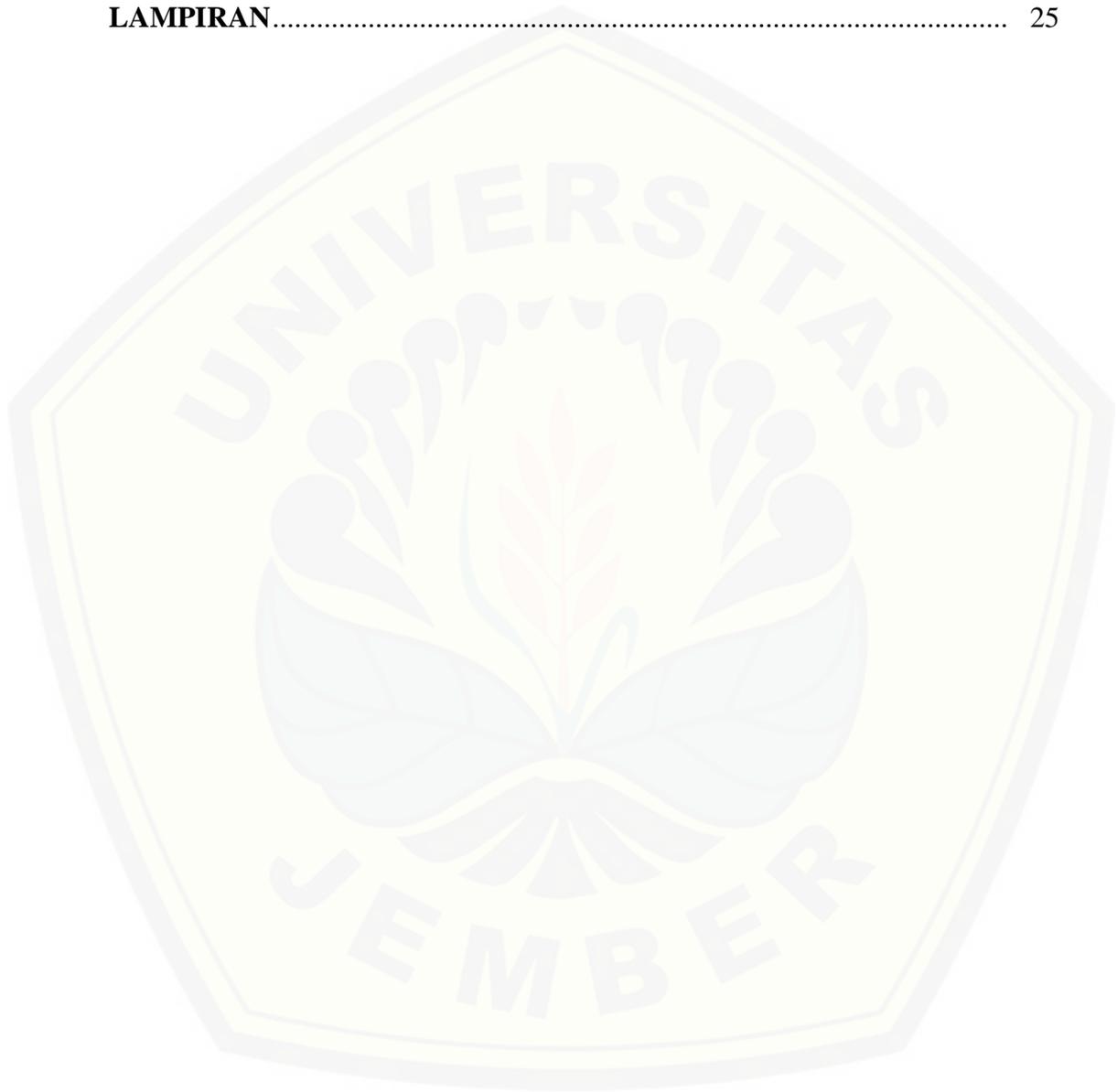
Penulis



DAFTAR ISI

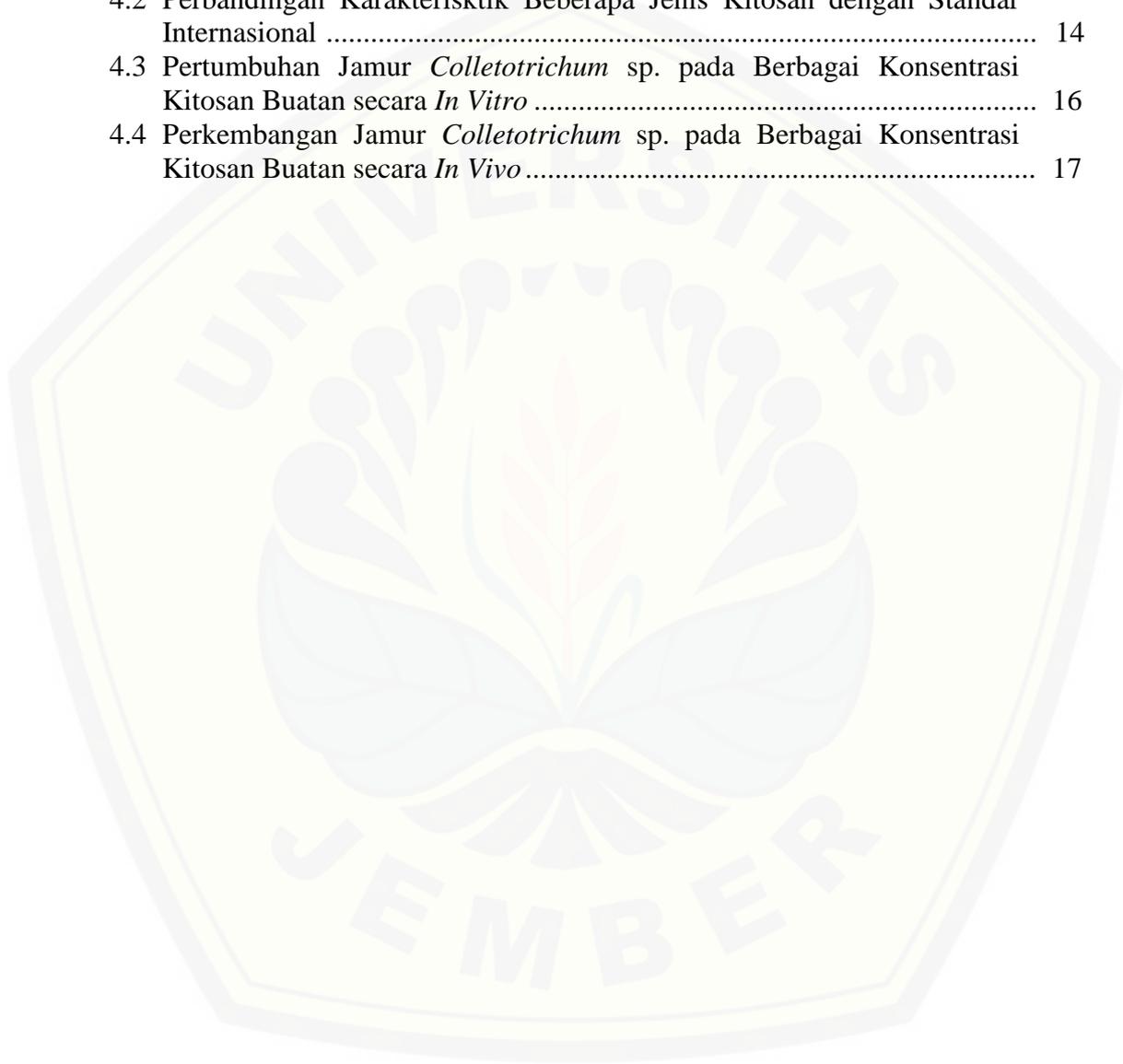
	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat .....	2
1.3.1 Tujuan.....	2
1.3.2 Manfaat .....	2
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	3
2.1 Kitosan sebagai Bahan Pelapis Alami pada Produk Pascapanen Hortikultura .....	3
2.2 Penyakit-penyakit pada Buah Cabai Merah .....	5
2.3 Penyakit Antraknosa .....	6
2.4 Hipotesis .....	7
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	8
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	8
3.2 Persiapan Penelitian.....	8
3.3 Pelaksanaan Riset .....	8
3.3.1 Rancangan Percobaan .....	8
3.3.2 Pembuatan Kitosan .....	8
3.3.3 Karakterisasi Kitosan .....	10
3.3.4 Isolasi patogen <i>Colletotrichum</i> sp. dan uji <i>Postulat Koch</i> .....	10
3.3.5 Penghitungan kerapatan spora jamur <i>Colletotrichum</i> sp.....	10
3.3.6 Pembuatan Larutan Kitosan.....	10
3.3.7 Pengujian secara <i>In Vitro</i> .....	11
3.3.8 Pengujian secara <i>In Vivo</i> .....	12
3.3.9 Analisis Statistik .....	13
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	13
4.1 Hasil.....	13
4.1.1 Pembuatan Kitosan dari Limbah Cangkang Rajungan.....	13
4.1.2 Karakteristik Kitosan.....	14
4.1.3 Karakteristik Jamur Patogen <i>Colletotrichum</i> sp.....	14
4.1.4 Uji secara <i>In Vitro</i> .....	15

4.1.5 Uji secara <i>In Vivo</i> .....	16
4.2 Pembahasan .....	18
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	21
5.1 Kesimpulan .....	21
5.2 Saran .....	21
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	22
<b>LAMPIRAN</b> .....	25



**DAFTAR TABEL**

<b>Judul Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2.1 Standar Internasional Kitosan .....	4
4.1 Hasil Pembuatan Kitosan dari Limbah Cangkang Rajungan.....	13
4.2 Perbandingan Karakteristik Beberapa Jenis Kitosan dengan Standar Internasional .....	14
4.3 Pertumbuhan Jamur <i>Colletotrichum</i> sp. pada Berbagai Konsentrasi Kitosan Buatan secara <i>In Vitro</i> .....	16
4.4 Perkembangan Jamur <i>Colletotrichum</i> sp. pada Berbagai Konsentrasi Kitosan Buatan secara <i>In Vivo</i> .....	17



**DAFTAR GAMBAR**

<b>Judul Gambar</b>	<b>Halaman</b>
2.1 Struktur Kimia Kitosan .....	4
4.1 Pembuatan kitosan yang berasal dari (A) Limbah Cangkang Rajungan, (B) yang Telah Didemineralisasi, (C) Deproteinasi, dan (D) Deasetilasi....	13
4.2 Isolasi Patogen <i>Colletotrichum</i> sp. berasal dari (A) Buah Cabai Merah yang Bergejala, Morfologi Koloni <i>Colletotrichum</i> sp. pada Media PDA Berumur 7 HSI pada (B) Bagian Permukaan Bawah, (C) Permukaan Atas, (D) Konidia Jamur <i>Colletotrichum</i> sp. (1) dan Hifa (2) dengan Perbesaran 40x, serta (E) Seta Jamur <i>Colletotrichum</i> sp.....	15
4.3 Kultur Jamur <i>Colletotrichum</i> sp. yang diinokulasikan pada Media PDA dengan kandungan kitosan (A) 0 mg/ml, (B) 2 mg/ml, (C) 4 mg/ml, (D) 6 mg/ml, dan (E) 8 mg/ml pada Hari ke-7 Setelah Inokulasi. ....	16
4.4 Buah cabai merah yang diinokulasikan jamur <i>Colletotrichum</i> sp. dengan pelapisan kitosan (A) kontrol (+), (B) kontrol (-), (C) 2 mg/ml PA, (D) 2 mg/ml B, (E) 4 mg/ml B, (F) 6 mg/ml B, dan (G) 8 mg/ml B pada hari ke-7 setelah inkubasi. ....	17

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pengelolaan dan manajemen produk pascapanen hortikultura kian diperhatikan dengan mempertimbangkan aspek kesehatan seperti pemberian pelapis dari bahan alami dengan kitosan. Kitosan merupakan polisakarida yang berasal dari limbah cangkang dari famili *Crustaceae*. Produksi rajungan di Pasuruan pada tahun 2011 diketahui mencapai 172,5 ton sehingga potensi limbah cangkangnya melimpah (Noegroho, 2013). Potensi limbah cangkang tersebut memiliki kandungan senyawa kitin yang tinggi melalui beberapa proses kimiawi seperti demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi sehingga menjadi senyawa kitosan (Agustina *et al.*, 2015). Menurut Cahyadi (2006), pemberian pelapis kitosan pada suatu produk diketahui tidak menurunkan gizi, warna, aroma, dan bau produk tersebut. Salah satu produk yang dapat diberi pelapis yaitu buah cabai merah.

Buah cabai merah (*C. annum* L.) merupakan salah satu produk dari komoditas hortikultura yang rentan terhadap serangan penyakit, salah satunya yaitu penyakit antraknosa. Penyakit antraknosa disebabkan oleh jamur *Colletotrichum* sp. yang dapat menurunkan hasil secara kuantitas dan kualitas sebesar 45-60%. Penyakit antraknosa dapat tumbuh dan berkembang pada buah cabai merah yang sudah dipetik sehingga dapat mengalami pembusukan dan menyebabkan kerugian cukup besar (Palupi *et al.*, 2015). Kitosan sebagai pelapis alami diketahui memiliki sifat antimikrobia sehingga dapat mengendalikan penyakit yang menyerang produk pascapanen hortikultura.

Menurut Hamdayanty *et al.* (2012), kitosan memiliki kemampuan antimikrobia sehingga dapat menghambat pertumbuhan jamur melalui gugus amino yang bermuatan positif ( $\text{NH}_2^+$ ) berikatan dengan muatan negatif ( $\text{OH}^-$ ) dari dinding sel jamur yang tersusun dari kitin. Hal tersebut berakibat penghambatan nutrisi sehingga sel kekurangan nutrisi dan pertumbuhannya terhambat. Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan penelitian mengenai

memperoleh kitosan dari limbah cangkang rajungan dan konsentrasi kitosan yang efektif dalam mengendalikan penyakit antraknosa pada buah cabai merah.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Apakah karakteristik kitosan yang diperoleh dari limbah cangkang rajungan sesuai dengan standar internasional?
2. Berapa konsentrasi kitosan yang efektif untuk mengendalikan penyakit antraknosa pada buah cabai merah?

### **1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

#### **1.3.1 Tujuan Penelitian**

1. Untuk memperoleh kitosan dari limbah cangkang rajungan dan mengkaji karakteristik kitosan.
2. Untuk mendapatkan konsentrasi kitosan yang efektif dalam mengendalikan penyakit antraknosa pada buah cabai merah.

#### **1.3.2 Manfaat Penelitian**

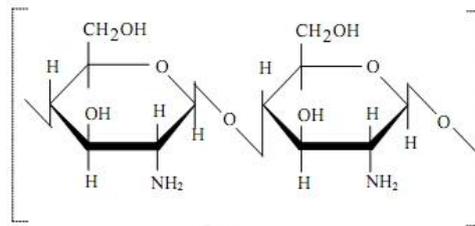
Hasil penelitian dapat menjadi sumber acuan mengenai penggunaan konsentrasi kitosan dalam menahan serangan penyakit antraknosa pada cabai merah. Hasil penelitian juga dapat dijadikan sebagai acuan bagi pembaca mengenai pembuatan dan karakteristik kitosan yang berasal dari limbah cangkang rajungan sehingga dapat dikembangkan pada penggunaan sumber kitosan lainnya.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kitosan sebagai Bahan Pelapis Alami pada Produk Pascapanen Hortikultura

Kerusakan hasil pascapanen pada komoditas buah-buahan dan sayur-sayuran dikarenakan serangan penyakit menjadi hal yang selalu dikhawatirkan. Penggunaan pestisida sintetis telah menjadi metode pengendalian serangan penyakit yang umum di proses pascapanen. Hal tersebut memberikan perhatian yang besar dalam memilih penggunaan pestisida sintetis dikarenakan dapat berpengaruh buruk terhadap kesehatan manusia dan terjadi resistensi pada patogen. Pemilihan alternatif lain untuk menggantikan peran pestisida sintetis yaitu menggunakan pelapis dari bahan-bahan alami (Liu *et al.*, 2007). Menurut Badawy dan Rabea (2011), pelapis alami yang bersifat antimikrobia seharusnya memiliki kriteria, antara lain pembuatannya mudah dan murah, stabil dalam jangka waktu yang lama ketika digunakan, larut dalam air, tidak bersifat racun terhadap produk dan konsumen, dan dapat mengendalikan serta mencegah serangan mikroorganisme yang bersifat patogenik dengan spektrum yang luas. Bahan pelapis alami yang sudah termasuk dari kriteria tersebut salah satunya yaitu kitosan.

Menurut Banos *et al.* (2006), kitosan adalah kitin yang terdeasetilasi diperoleh dari cangkang atau kulit terluar *Crustacean*, seperti kepiting, udang, rajungan, dan lain-lain. Kitin dan kitosan merupakan polisakarida yang secara kimiawi mirip dengan selulosa. Kitosan merupakan asetil lemah yang tersusun dari glukosamin, 2-amino-2-deoksi- $\beta$ -D-glukos dengan struktur kimianya ditampilkan pada (Gambar 2.1). Trisnawati *et al.*, (2013) menambahkan bahwa kitosan merupakan suatu polisakarida berbentuk linier yang terdiri dari monomer N-asetilglukosamin dan D-glukosamin.



Gambar 2.1 Struktur Kimia Kitosan (Lertsutthiwong, *et al.* 2002)

Menurut Purwanti (2014), kitosan dapat diperoleh melalui beberapa tahapan, seperti demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Kegiatan awal sebelum melakukan beberapa proses tersebut yaitu pengecilan ukuran cangkang. Proses demineralisasi ditujukan untuk menghilangkan mineral yang terkandung pada cangkang dengan cara melarutkan cangkang ke dalam asam klorida 1,5 M. Proses selanjutnya yaitu menghilangkan protein pada cangkang melalui proses proteinasi dengan cara melarutkan cangkang ke dalam larutan NaOH 1-10%. Kedua proses ini menghasilkan kitin sehingga diperlukan proses deasetilasi untuk merubah kitin menjadi kitosan dengan cara melarutkan cangkang ke dalam larutan NaOH 40-60%. Karakterisasi kitosan diperlukan untuk mengetahui standarisasi kitosan yang diperoleh, seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.1 Standar Internasional Kitosan

No.	Jenis Karakter	Nilai Standar
1.	Kadar abu	< 1%
2.	Kadar air	2-10%
3.	Kelarutan	Hanya pada pH ≤ 6
4.	Warna	Putih sampai kuning pucat
5.	Bau	Tidak berbau
6.	Tekstur	Serbuk
7.	Viskositas	
	• Rendah	< 200
	• Sedang	200 – 799
	• Tinggi	800 – 2000
	• Sangat tinggi	> 2000

Sumber: Trisnawati *et al.* (2013)

Kitosan merupakan suatu bahan yang multifungsional yang mana salah satunya memiliki peran di bidang pertanian sebagai suatu zat yang bersifat antimikrobia. Penghambatan kitosan terhadap pertumbuhan jamur patogen dapat terjadi melalui sifat antifungi dari gugus amino dalam bentuk  $\text{NH}_2^+$ . Gugus amino

tersebut dapat berikatan dengan bagian makromolekul yang bermuatan negatif (OH) dari kitin pada permukaan sel jamur. Muatan negatif yang telah berikatan dengan muatan positif gugus amino menyebabkan penghambatan nutrisi ke dalam tubuh jamur yang berakibat sel kekurangan nutrisi dan pertumbuhan sel menjadi terhambat (Dewi dan Fawzya, 2006). Penelitian yang telah dilakukan oleh Sunpapao dan Pornsuriya (2014), menunjukkan bahwa pemberian kitosan dengan konsentrasi 2 mg/ml diketahui efektif menekan penyakit gugur daun yang disebabkan oleh jamur patogen *Phytophthora palmivora* yang menyerang tanaman karet dalam skala laboratorium.

## 2.2 Penyakit-penyakit pada Buah Cabai Merah

Cabai merah merupakan salah satu komoditi sayuran penting di Indonesia dengan memiliki berbagai manfaat, antara lain sebagai bahan penyedap masakan, penghasil minyak atsiri, ramuan obat-obatan, dan lain-lain. Tanaman cabai merah tidak terlepas dari serangan penyakit, seperti halnya tanaman budidaya lainnya. Setiap penyakit memiliki intensitas dan dampak serangan yang berbeda-beda, namun pada intinya dapat menurunkan bahkan menyebabkan gagal produksi. Tanaman dikatakan sakit apabila terdapat perubahan seluruh atau sebagian organ-organ yang menyebabkan terganggunya kegiatan fisiologis sehari-hari. Serangan penyakit dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu penyakit sistemik dimana serangan penyakit akan menyebar ke seluruh bagian tanaman dan penyakit lokal dimana serangan penyakit hanya terdapat di suatu bagian tanaman tertentu, seperti pada bagian buah (Darwis, 2011).

Menurut Duriat *et al.* (2007), serangan penyakit yang menyerang buah cabai merah dibagi menjadi beberapa jenis patogen, antara lain bakteri, virus, dan jamur. Tiap serangan penyakit dari berbagai jenis patogen tersebut memiliki ciri gejala yang berbeda-beda. Patogen bakteri yang menyerang buah cabai merah yaitu *Erwinia carotovora* dan *Xanthomonas campestris*, patogen virus yaitu Cucurbit Mosaic Virus (CMV), dan patogen jamur yaitu *Colletotrichum* spp. dan *Phytophthora capsici*.

### 2.3 Penyakit Antraknosa

Penyakit antraknosa merupakan salah satu penyakit utama pada tanaman cabai yang telah tersebar luas di semua daerah penanaman cabai di seluruh dunia. Menurut Sahitya *et al.* (2014), serangan penyakit antraknosa di Indonesia disebabkan oleh 3 spesies dari genus *Colletotrichum*, antara lain *C. acutatum*, *C. capsici*, dan *C. gleosporioides*. Konidia yang dimiliki *Colletotrichum* sp. memiliki karakteristik hialin, tidak mempunyai sekat, memiliki panjang 14,0-18  $\mu\text{m}$ , dan lebar  $\pm 3,5 \mu\text{m}$ . Harahap *et al.*, (2013) menambahkan bahwa *Colletotrichum* sp. memiliki miselium yang bersepta, tidak berwarna, dan gelap ketika tua. Menurut Rosanti *et al.* (2014), pengamatan yang dilakukan pada hari ke-7 di media biakan secara makroskopis jamur patogen *Colletotrichum* sp. mula-mula berwarna putih sampai keabu-abuan, kemudian lambat laun berwarna kehitaman.

Penyakit antraknosa secara umum menyerang tanaman cabai terjadi ketika buah menjelang tua dan matang, terutama pada musim penghujan. Tanaman dewasa yang terserang penyakit ini dapat menyebabkan gejala mati pucuk (*dieback*) yang nantinya akan berlanjut pada bagian lainnya, seperti ranting dan cabang yang mengering berwarna coklat kehitaman (Palupi *et al.*, 2015). Kehilangan hasil cabai di lahan akibat serangan penyakit antraknosa dilaporkan bervariasi berkisar antara 25-100%. Kirana *et al.*, (2014) menambahkan bahwa selain kuantitas hasil, penyakit antraknosa juga dapat menurunkan kualitas buah cabai yang meliputi penurunan 16-69% kadar penol, 20-60% kadar capsaisin, dan 17-55% kadar oleoresin.

Gejala yang timbul akibat serangan penyakit antraknosa pada buah cabai merah yaitu mula-mula berupa bercak cekung dan berwarna coklat kehitaman. Bercak yang muncul kemudian meluas dan akhirnya buah menjadi busuk dan melunak. Pusat bercak akan terlihat titik-titik hitam yang mana terdiri dari kumpulan seta dan konidia. Serangan berat dapat menyebabkan buah menjadi kering, mengerut, dan berwarna coklat. Massa berwarna merah jambu akan terbentuk apabila dalam kondisi yang lembab yang mana merupakan kumpulan konidia (Nawangsih *et al.*, 2001).

Patogen dapat terbawa oleh biji atau benih dan apabila sudah menjadi kecambah dapat menimbulkan gejala rebah kecambah. Kerugian hasil selama pengangkutan dan penyimpanan dalam kurun waktu satu minggu dapat mencapai lebih dari 25% (Sriyanti *et al.*, 2015). Menurut Pratiwi *et al.* (2016), perkembangan jamur *Colletotrichum* sp. pada proses pascapanen cabai akan berkembang dengan cepat apabila disimpan dengan tingkat kelembaban udara yang tinggi (>95%) dan bersuhu sekitar 32°C. Rosanti *et al.*, (2014) menambahkan bahwa derajat keasaman (pH) optimal pertumbuhan jamur *C. capsici* yang baik yaitu pH 5-7. Jamur pada umumnya membutuhkan kondisi asam atau pH di bawah 7 untuk melakukan perkecambahan. Penanganan pada produk pascapanen cabai perlu dilakukan agar serangan penyakit antraknosa dapat diminimalisirkan.

#### **2.4 Hipotesis Penelitian**

1. Kitosan yang diperoleh dari limbah cangkang rajungan memiliki karakteristik yang sesuai dengan standar internasional.
2. Penggunaan kitosan dengan konsentrasi 2 mg/ml pada cabai merah pascapanen dapat menekan penyakit antraknosa dengan baik.

## BAB 3. BAHAN DAN METODE

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember dan Gedung CDAST di mulai pada bulan Januari sampai Juni 2017.

### 3.2 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian meliputi pengumpulan limbah cangkang rajungan, menyiapkan buah cabai merah, serta membuat media PDA untuk media biakan jamur *Colletotrichum* sp. Apabila persiapan penelitian sudah dilaksanakan, maka penelitian siap dilakukan sesuai dengan prosedur.

### 3.3 Pelaksanaan Riset

#### 3.3.1 Rancangan Percobaan

Penelitian ini disusun menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan. Penjelasan dari masing-masing perlakuan, sebagai berikut:

CT0 = Kontrol

CT1 = Konsentrasi kitosan 2 mg/ml (10 ml kitosan/ 50 ml pelarut)

CT2 = Konsentrasi kitosan 4 mg/ml (20 ml kitosan/ 50 ml pelarut)

CT3 = Konsentrasi kitosan 6 mg/ml (30 ml kitosan/ 50 ml pelarut)

CT4 = Konsentrasi kitosan 8 mg/ml (40 ml kitosan/ 50 ml pelarut)

#### 3.3.2 Pembuatan Kitosan

Limbah kulit kepiting yang telah didapatkan dicuci hingga bersih dari sisa-sisa daging. Selanjutnya dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 110-120°C selama kurang lebih 30 menit. Cangkang kepiting kering dipotong-potong dengan ukuran kurang lebih 2 x 2 cm. Langkah-langkah selanjutnya mengikuti penelitian yang telah dilakukan oleh Agustina *et al.* (2015) dengan modifikasi, antara lain:

a. Penghilangan mineral (demineralisasi)

Proses demineralisasi ditujukan untuk menghilangkan mineral yang terkandung pada cangkang kepiting. Persentase kandungan mineral yang ditemukan berupa  $\text{CaCO}_3$  77% dan 23% mineral lain, seperti magnesium, silika, dan lain-lain (Martati *et al.*, 2002). Serbuk cangkang kepiting yang sudah dipotong-potong ditambahkan larutan HCl 1,5 M dengan perbandingan 1:6 (b/v). Campuran dipanaskan dengan suhu 60-70°C selama 4 jam bersamaan diaduk dengan kecepatan 50 rpm. Sampel dicuci dengan  $\text{H}_2\text{O}$  untuk menghilangkan larutan HCl yang tersisa atau sampai pH netral. Sampel yang diperoleh dikeringkan dengan oven bersuhu 85°C selama 16 jam dan diperoleh serbuk kulit kepiting tanpa mineral yang kemudian didinginkan dalam desikator.

b. Penghilangan protein (deproteinasi)

Proses deproteinasi ditujukan untuk menghilangkan protein yang terkandung pada cangkang kepiting. Serbuk cangkang kepiting yang didapatkan dari hasil demineralisasi ditambahkan larutan NaOH 3,5% dengan perbandingan 1:16 (b/v) antara pelarut dengan sampel. Campuran tersebut dipanaskan dengan suhu 60-70°C selama 4 jam bersamaan diforteks berkecepatan 50 rpm. Sampel dicuci dengan  $\text{H}_2\text{O}$  untuk menghilangkan larutan NaOH yang tersisa atau sampai pH netral. Sampel yang diperoleh dikeringkan dalam oven 85°C selama 16 jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai berat konstan untuk mendapatkan berat kitin.

c. Deasetiliasi

Proses deasetiliasi ditujukan untuk menghilangkan gugus asetil pada kitin untuk mengubahnya menjadi kitosan (Purwanti, 2014). Hasil yang diperoleh dari proses deproteinasi dilanjutkan dengan proses deasetilasi melalui penambahan larutan NaOH 60% dengan perbandingan 1:18 (b/v). Campuran tersebut dipanaskan pada suhu 110°C selama 4 jam bersamaan diforteks berkecepatan 50 rpm. Sampel yang diperoleh dicuci menggunakan  $\text{H}_2\text{O}$  untuk menghilangkan larutan NaOH yang tersisa atau sampai pH netral. Sampel yang diperoleh

dikeringkan dalam oven 80°C selama 24 jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai berat konstan untuk mendapatkan berat kitosan. Kitosan yang diperoleh kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh dan dilanjutkan proses karakterisasi.

### 3.3.3 Karakterisasi Kitosan

Limbah cangkang rajungan yang diproses menjadi kitosan akan dikarakterisasi, antara lain rendemen, kadar air, uji biuret, kelarutan kitosan dalam larutan asam asetat, kadar abu, uji bentuk partikel, uji titik leleh, dan viskositas.

### 3.3.4 Isolasi Patogen *Colletotrichum* sp. dan Uji *Postulat Koch*

Bagian buah cabai merah yang menunjukkan gejala antraknosa dipotong dengan ukuran 0,5 x 0,5 cm, kemudian dicelupkan ke dalam alkohol 70% dan dibilas dengan air steril. Potongan kemudian diletakkan pada media PDA dan diinkubasi dalam suhu kamar selama 3-7 hari. Identifikasi jamur dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis, kemudian dicocokkan dengan pustaka. Jamur disubkultur sampai didapat biakan murni dan diuji dengan metode *Postulat Koch*.

### 3.3.5 Penghitungan Kerapatan Spora Jamur *Colletotrichum* sp.

Kerapatan spora di dihitung dengan rumus dari BBPPTP Surabaya (2014):

$$\text{Kerapatan spora (S)} = \frac{X}{L \times t \times d} \times 10^3$$

X adalah rerata jumlah spora pada kotak a, b, c, d, dan e, L adalah luas kotak hitung ( $0,04 \times 5 = 0,02 \text{ mm}^2$ ), t adalah kedalaman bidang hitung (0,1 mm), d adalah faktor pengenceran, dan  $10^3$  adalah volume suspensi yang dihitung ( $1 \text{ ml} = 10^3 \text{ mm}^3$ ).

### 3.3.6 Pembuatan Stok Larutan Kitosan

Stok kitosan dengan konsentrasi 10 mg/ml dibuat dengan cara melarutkan 0,5 gram kitosan dalam 50 ml HCl 0,25 N, diaduk pada suhu 40°C selama 60 menit. Stok kitosan diberi NaOH 1 N sampai bernilai pH 5,6 dan diautoklaf

(120°C dan 20 menit) (Rahman *et al.*, 2008). Pengenceran tiap konsentrasi disajikan pada perhitungan di bawah ini:

- a. Konsentrasi kitosan 2 mg/ml (10 ml kitosan/ 50 ml pelarut)

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$10 \text{ mg/ml} \cdot X = 2 \text{ mg/ml} \cdot 50 \text{ ml}$$

$$X = \frac{100}{10}$$

$$X = 10 \text{ ml stok awal ditambahkan } 40 \text{ ml bahan pelarut}$$

- b. Konsentrasi kitosan 4 mg/ml (20 ml kitosan/ 50 ml pelarut)

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$10 \text{ mg/ml} \cdot X = 4 \text{ mg/ml} \cdot 50 \text{ ml}$$

$$X = \frac{200}{10}$$

$$X = 20 \text{ ml stok awal ditambahkan } 30 \text{ ml bahan pelarut}$$

- c. Konsentrasi kitosan 6 mg/ml (30 ml kitosan/ 50 ml pelarut)

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$10 \text{ mg/ml} \cdot X = 6 \text{ mg/ml} \cdot 50 \text{ ml}$$

$$X = \frac{300}{10}$$

$$X = 30 \text{ ml stok awal ditambahkan } 20 \text{ ml bahan pelarut}$$

- d. Konsentrasi kitosan 8 mg/ml (40 ml kitosan/ 50 ml pelarut)

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$10 \text{ mg/ml} \cdot X = 8 \text{ mg/ml} \cdot 50 \text{ ml}$$

$$X = \frac{400}{10}$$

$$X = 40 \text{ ml stok awal ditambahkan } 10 \text{ ml bahan pelarut}$$

### 3.3.7 Pengujian secara *in vitro*

Menurut Elfina *et al.* (2015), pengamatan diameter jamur *Colletotrichum* sp. dan daya hambat kitosan (mm) pada media PDA dengan rumus:

$$D = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

D adalah diameter *Colletotrichum* sp., d1 adalah diameter vertikal *Colletotrichum* sp., dan d2 adalah diameter horizontal *Colletotrichum* sp.

$$\text{Tingkat Hambatan Relatif (THR)} = \frac{(Dk - Dp)}{Dk} \times 100\%$$

Dk adalah diameter kontrol dan Dp adalah diameter perlakuan.

Pertumbuhan patogen secara mikroskopis juga diamati berdasarkan karaktersistik ukuran diameter dan panjang antar ruas hifa jamur *Colletotrichum* sp. dengan menggunakan mikroskop DN2500 pada perbesaran 400x.

### 3.3.8 Pengujian secara *in vivo*

Buah cabai merah yang sudah dibersihkan dan disterilkan dilukai dengan jarum steril, kemudian dimasukkan ke dalam larutan kitosan sesuai dengan masing-masing perlakuan selama 1 menit. Buah cabai merah diberi suspensi inokulum jamur *Colletotrichum* sp. dengan kerapatan  $1,25 \times 10^6$  konidia/ml sebanyak 5  $\mu$ l pada area pelukaan, kemudian dimasukkan ke dalam wadah kotak yang telah diberi alas kertas saring lembab. Variabel yang diamati pada pengujian ini adalah masa inkubasi, susut berat, dan keparahan penyakit. Pengukuran susut berat dilakukan dengan menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$\text{Susut berat (\%)} = \frac{X-Y}{X} \times 100\%$$

X adalah berat cabai sebelum disimpan dan Y adalah berat cabai setelah disimpan. Menurut Elfina *et al.* (2015), pengukuran keparahan penyakit dilakukan 1 – 7 hari setelah inokulasi menggunakan rumus:

$$\text{Keparahan Penyakit (KP)} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \times v_i}{Z \times N} \times 100\%$$

$N_i$  = banyak buah yang diamati dengan kategori serangan,  $V_i$  = nilai skala kerusakan dari tiap kategori serangan,  $Z$  = nilai skala kerusakan tertinggi dari tiap kategori serangan, dan  $N$  = banyak buah yang diamati. Skala serangan penyakit, antara lain: skala 0 = tidak ada bercak atau gejala penyakit; Skala 1 = luas bercak 0-20%, Skala 2 = luas bercak 21-40%, Skala 3 = luas bercak 41-60%, Skala 4 = luas bercak 61-80%, dan Skala 5 = luas bercak > 81%

### 3.3.9 Analisis Statistik

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis varian (ANOVA) dan apabila data diperoleh berbeda nyata dilanjutkan uji lanjut DMRT menggunakan taraf 5% guna melihat perlakuan mana yang memberikan efek yang berbeda.

## **BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

1. Karakteristik kitosan dari limbah cangkang rajungan yang diperoleh pada penelitian ini sudah sesuai dengan standar internasional.
2. Konsentrasi 2 mg/ml PA dan 6 mg/ml B mampu memperpanjang masa inkubasi dan menekan keparahan penyakit antraknosa, tetapi semua konsentrasi kitosan tidak berpengaruh terhadap susut berat dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

### **5.2 Saran**

Proses pembuatan kitosan dari limbah cangkang rajungan perlu lebih diperhatikan terutama pada proses demineralisasi untuk memaksimalkan proses penghilangan kandungan mineral agar dapat menghasilkan produk kitosan yang memiliki kualitas dan kuantitas yang baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S., Swantara I. M. D., dan Suartha, I. N. 2015. Isolasi Kitin, Karakterisasi, dan Sintesis Kitosan dari Kulit Udang. *J. Kimia* 9(2): 271-278.
- Badawy, M. E. I., dan Rabea, E. I. 2011. A Biopolymer Chitosan and Its Derivatives as Promising Antimicrobial Agents against Plant Pathogens and Their Applications in Crop Protection. *J. Carbohydrate Chemistry* 10: 1-30.
- Banos, B. S., Lauzardo, A. N. H., Valle, M. G. V., Lopez, M. H., Barka, E. A., Molina, E. B., dan Wilson, C. L. 2006. Chitosan as a Potential Natural Compound to Control Pre and Postharvest Diseases of Horticultural Commodities. *J. Crop Protection* 25: 108-118.
- Cahyadi, W. 2006. *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Darwis, A. P. 2011. *Jenis-jenis Jamur Penyebab Penyakit pada Tanaman Cabai Kopay (Capsicum annum. L. Kultivar Kopay) di Kelurahan Kotopanjang Lampasi, Kecamatan Payakumbuh Utara Sumatera Barat*. Skripsi. Universitas Andalas: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Dewi, A. S., dan Fawzya, Y. N. 2006. *Studi Pendahuluan: Penggunaan Berulang Larutan Natrium Hidroksida dalam Pembuatan Kitosan*. Prosiding Seminar Nasional Himpunan Kimia Indonesia 2006. Bogor: Departemen Kimia FMIPA Institut Pertanian Bogor.
- Duriat, A. S., Gunaeni, N., dan Wulandari, A. W. 2007. *Penyakit Penting pada Tanaman Cabai dan Pengendaliannya*. Bandung: Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
- Elfina, Y., Ali, M., dan L. Aryanti. 2015. Uji Beberapa Konsentrasi Ekstrak Tepung Daun Sirih Hutan (*Piper aduncum* L.) untuk Mengendalikan Penyakit Antraknosa pada Buah Cabai Merah Pasca Panen. *J. SAGU* 14(2): 18-27.
- Hamdayanty., Yunita, R., Amin, N. N., dan Damayanti, T. A. 2012. Pemanfaatan Kitosan untuk Mengendalikan Antraknosa pada Pepaya (*Colletotrichum gloeosporioides*) dan Meningkatkan Daya Simpan Buah. *J. Fitopatologi Indonesia* 8(4): 97-102.
- Harahap, T. F. H., Lubis, L., dan Hasanuddin. 2013. Efek Temperatur terhadap Virulensi Jamur *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. Sacc. Penyebab Penyakit Antraknosa pada Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.). *J. Agroteknologi* 2(1): 411-420.

- Kirana., Kusmana, R., Hasyim, A., dan Sutarya, R. 2014. Persilangan Cabai Merah Tahan Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum acutatum*). *J. Hort.* 24(3): 189-195.
- Kurniasih, M., Kartika, D., dan Riyanti. 2016. Optimasi Kondisi Adsorpsi Kolesterol Menggunakan Karboksimetil Kitosan. *J. Molekul* 11(1): 112-124.
- Kusumaningsih, T., Masykur, A., dan Arief, U. 2004. Pembuatan Kitosan dari Kitin Cangkang Bekicot (*Achatina fulica*). *J. Biofarmasi* 2(2): 64-68.
- Lertsutthiwong, P., How, N. C., Chandkrachang, S., dan Stevens, W.F. 2002. Effect of Chemical Treatment on The Characteristics of Shrimp Chitosan. *J. Metals, Materials and Minerals* 12(1): 11-18.
- Liu, J., Tian, S., Meng, X., dan Xu, Y. 2007. Effects of Chitosan on Control of Postharvest Diseases and Physiological Responses of Tomato Fruit. *J. Postharvest Biology and Technology* 44: 300-306.
- Martati, E., Susanto, T., Yunianta., dan Efendi, Z. 2002. Optimasi Proses Demineralisasi Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) Kajian Suhu dan Waktu Demineralisasi. *J. Teknik Pertanian* 3(2): 121-128.
- Nawangsih, A. A, Imdad, H. P., dan Wahyudi, A. 2001. *Cabai Hot Beauty*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Palupi., Yulianah, H. I., dan Respatijarti. 2015. Uji Ketahanan 14 Galur Cabai Besar (*Capsicum annum* L.) terhadap Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum* spp) dan Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*). *J. Produksi Tanaman* 3(8): 640-648.
- Pratiwi, N. W., Juliantari, E., dan Napsiyah, L. K. 2016. Identifikasi Jamur Penyebab Penyakit Pascapanen pada Beberapa Komoditas Bahan Pangan. *J. Riau Biologia* 1(14): 86-94.
- Purwanti, A. 2014. Evaluasi Proses Pengolahan Limbah Kulit Udang untuk Meningkatkan Mutu Kitosan yang Dihasilkan. *J. Teknologi* 7(1): 83-90.
- Rahman, M. A., Mahmud, T. M. M., Kadir, J., Abdul, R., dan Begum, M. M. 2008. Antimicrobial Activities of Chitosan and Calcium Chloride on *in vitro* Growth of *Colletotrichum gloeosporioides* from Papaya. *J. Trop. Agri.c Sci.* 31(2): 223-232.
- Rosanti, K. T., Sastrahidayat, I. R., dan Abadi, A. L. 2014. Pengaruh Jenis Air terhadap Perkecambahan Spora Jamur *Colletotrichum capsici* pada Cabai

- dan *Fusarium oxysporum* F. sp. *Lycopersicii* pada Tomat. *J. HPT* 2(3): 109-120.
- Sahitya, L. U., Deepthi, R. S., Kasim, D. P., dan Suneetha, P. 2014. Anthracnose, a Prevalent Disease in Capsicum. *J. RJPBCS* 5(3): 1-22.
- \Saputro, A. N. C., Kartini, I., dan Sutarno. 2009. Pengaruh Metode Isolasi terhadap Sifat Karakterisasi Kitosan. *Prosiding Seminar Nasional dan Pendidikan Kimia 2009*. Yogyakarta.
- Sriyanti, N. L. G., Suprpta, D. N., dan Suada, I. K. 2015. Uji Keefektifan Rizobakteri dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum* spp. Penyebab Antraknosa pada Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.). *J. Agroteknologi Tropika* 4(1): 53-65.
- Sunpapao, A., dan Pornsuriya, C. 2014. Effects of Chitosan Treatments on Para Rubber Leaf Fall Disease Caused by *Phytophthora Palmivora* Butler - A Laboratory Study. *J. Songklanakarinn Sci. Technol.* 36(5): 507-512.
- Trisnawati, E., Andesti, D., dan Saleh, A. 2013. Pembuatan Kitosan dari Limbah Cangkang Kepiting sebagai Bahan Pengawet Buah Duku dengan Variasi Lama Pengawetan. *J. Teknik Kimia* 2(19): 7-26.
- Wardani, O. I. 2015. *Kitosan-Glukosa sebagai Pengawet Ikan Bandeng Duri Lunak*. Skripsi. Semarang: Universitas Islam Negeri Walisongo.

**LAMPIRAN 1.****Tabel 1. Persentase Penghambatan Jamur *Colletotrichum* sp.**

Ulangan	Perlakuan (%)				
	Kontrol	2 mg/ml	4 mg/ml	6 mg/ml	8 mg/ml
1	-	20.47	34.38	42.52	41.47
2	-	22.93	32.53	41.33	42.40
3	-	18.87	31.81	40.97	40.70
4	-	20.53	30.67	41.07	42.13
Jumlah	-	82.81	129.39	165.89	166.70
rata-rata	-	20.70	32.35	41.47	41.68



## LAMPIRAN 2.

## Analisis Sidik Ragam dan Uji Duncan 95%

Tabel 1. Analisis Anova Diameter Hifa

SK	db	JK	KT	Fhit	F Tabel		
					5%	1%	
Perlakuan	4	14.098	3.525	414.647	3.06	4.89	**
Galat	15	0.127	0.008				
Total	19	14.226			CV	0.35	

Tabel 2. Analisis Anova Panjang Antar Ruas Hifa

SK	db	JK	KT	Fhit	F Tabel		
					5%	1%	
Perlakuan	4	157,082.18	39,270.55	37.44	3.06	4.89	**
Galat	15	15,733.22	1,048.88				
Total	19	172,815.40			CV	0.19	

Tabel 3. Analisis Anova Diameter Koloni

SK	db	JK	KT	Fhit	F Tabel		
					5%	1%	
Perlakuan	4	19.15	4.79	1,023.63	3.06	4.89	**
Galat	15	0.07	0.0047				
Total	19	19.22			CV	0.29	

Tabel 4. Analisis Anova Masa Inkubasi

SK	db	JK	KT	Fhit	F Tabel		
					5%	1%	
Perlakuan	6.00	43.26	7.21	288.41	3.06	4.89	**
Galat	20.00	0.50	0.03				
Total	26.00	43.76			CV	0.47	

Tabel 5. Analisis Anova Keparahan Penyakit

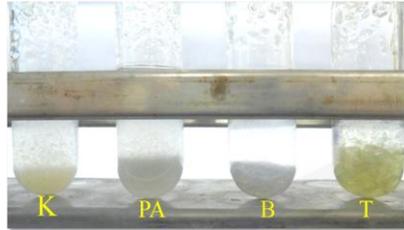
SK	db	JK	KT	Fhit	F Tabel		
					5%	1%	
Perlakuan	6	6,177.78	1,029.63	35.64103	3.06	4.89	**
Galat	20	577.78	28.89				
Total	26	6,755.56			CV	0.00248	

Tabel 6. Analisis Anova Susut Berat

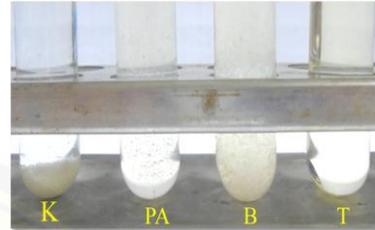
SK	db	JK	KT	Fhit	F Tabel		
					5%	1%	
Perlakuan	7.00	7.81	1.12	1.34	3.06	4.89	tn
Galat	20.00	16.65	0.83				
Total	27.00	24.45			CV	0.17	

**LAMPIRAN 3.**

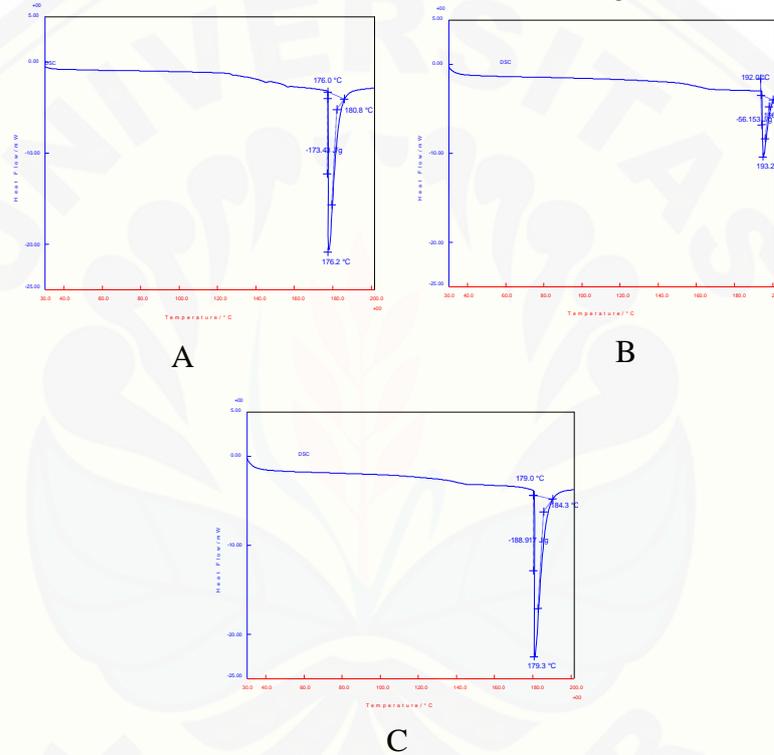
**Dokumentasi Karakteristik Beberapa Jenis Kitosan**



Gambar 1. Uji biuret pada berbagai macam kitosan



Gambar 2. Uji kelarutan asam asetat 1% dari berbagai macam kitosan



Gambar 3. Uji titik leleh pada (A) Kitosan Pa, (B) Kitosan Buatan, dan (C) Kitosan Teknis



(A)

(B)

(C)

Gambar 4. Morfologi (A) Kitosan Pa, (B) Kitosan Buatan, dan (C) Kitosan Teknis menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100x