

**PENGARUH PENAMBAHAN SUBSTRAT KULIT SINGKONG DENGAN
FERMENTASI CAIR TERHADAP NILAI DERAJAT DEASETILASI
KITOSAN FUNGI *Rhizopus oryzae***

SKRIPSI

**Oleh:
INAYAH ISMIATIN NISAK
NIM. 19620092**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**PENGARUH PENAMBAHAN SUBSTRAT KULIT SINGKONG DENGAN
FERMENTASI CAIR TERHADAP NILAI DERAJAT DEASETILASI
KITOSAN FUNGI *Rhizopus oryzae***

SKRIPSI

**Oleh:
INAYAH ISMIATIN NISAK
NIM. 19620092**

**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
2023**

**PENGARUH PENAMBAHAN SUBSTRAT KULIT SINGKONG DENGAN
FERMENTASI CAIR TERHADAP NILAI DERAJAT DEASETILASI
KITOSAN FUNGI *Rhizopus oryzae***

SKRIPSI

Oleh:
INAYAH ISMIATIN NISAK
NIM. 19620092

telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal: ...20 Juni 2023...

Pembimbing I



Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc
NIDT. 19900428 2016080 1 2062

Pembimbing II



Umaiyatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002





**PENGARUH PENAMBAHAN SUBSTRAT KULIT SINGKONG DENGAN
FERMENTASI CAIR TERHADAP NILAI DERAJAT DEASETILASI
KITOSAN FUNGI *Rhizopus oryzae***

SKRIPSI

Oleh:
INAYAH ISMIATIN NISAK
NIM. 19620092

telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 27 Juni 2023

Ketua Penguji : Prof. Dr. Ulfah Utami, M.Si
NIP. 19650509 199903 2 002
Anggota Penguji 1 : Ir. Liliek Harianie AR, M.P
NIP. 19620901 199803 2 001
Anggota Penguji 2 : Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc
NIDT. 19900428 2016080 1 2062
Anggota Penguji 3 : Umayyatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005


(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

Mengesahkan
Ketua Program Studi Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002

HALAMAN PERSEMBAHAN

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

1. Aba dan Ummi tercinta, Aba H. Bambang Sholeh Purwanto, SH.MA., dan Ummi Hj. Lina Utomo, yang telah merawat, mendidik memberikan semangat serta mendoakan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar dan baik.
2. Dr. Eko Budi Minarno, M.Pd., selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan semangat kepada penulis dari awal hingga akhir studi.
3. Prilya Dewi Fitriasaki, M.Sc., selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga serta ilmu untuk membimbing dalam penyelesaian skripsi.
4. Umayyatus Syarifah, M.A., selaku dosen pembimbing agama yang telah banyak memberikan semangat dalam bimbingan terkait integrasi sains dan islam sesuai konsep yang ada pada Al-Qur'an dan Hadits dengan penuh kesabaran.
5. Teman-teman seperjuangan khususnya Dian Rahmadhani, Alif Putra Ardiansya, khususnya sahabat saya Della Ayu Niliandari yang telah memberikan dukungan semangat dalam penyelesaian skripsi ini dengan baik.
6. Kakak Ajeng Humami Rochmawati, S.KM., Iklil Sulaiman, S.KM., dan Adik tercinta Rafif Annadhim yang selalu memberikan dorongan semangat dalam penyelesaian skripsi ini dengan lancar dan baik.
7. Umma Dr. Nury Firdausia, M.PdI., Buya M. Nadhif Anwar, Lc. M.Pd., mbak-mbak santriwati Pondok Pesantren Putri Daruzzahra Arrifa'i yang selalu memberikan semangat, doa dan motivasi dalam proses penyelesaian skripsi ini dengan lancar dan baik.
8. Teman-teman Elite Biologi 2019 dan Biologi A 2019 yang selalu memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Inayah Ismiatin Nisak
NIM : 19620092
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengaruh Variasi Konsentrasi Substrat Kulit Singkong terhadap Derajat Deasetilasi Kitosan Fungi *Rhizopus oryzae*

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Malang, 26 Juni 2023
Yang membuat pernyataan,



Inayah Ismiatin Nisak
NIM. 19620092

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

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

Pengaruh Penambahan Substrat Kulit Singkong dengan Fermentasi Cair terhadap Nilai Derajat Deasetilasi Kitosan Fungi *Rhizopus oryzae*

Inayah Ismiatin Nisak, Prilya Dewi Fitriasari, Umaiyatus Syarifah

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

ABSTRAK

Kitosan merupakan turunan dari kitin yang didapatkan dengan deasetilasi. Rumus umum kitosan yaitu $(C_6H_9NO_3)_n$ atau disebut poli (β -(1,4)-2-amino-2-Deoksi-D-Glukopiranos). Kitosan terbukti tidak toksik, *biocompatibel* dan *biodegradability*. Secara industri, kitosan berasal dari produk limbah *crustacea* dengan pasokan yang musiman, terbatas dan mencemari lingkungan. Berkembangnya teknologi dan pengetahuan saat ini pemanfaatan kitosan menggunakan limbah produksi hasil alam yang ramah lingkungan dan dapat dijadikan sebagai media produksi kitin, salah satunya dengan menggunakan fungi. Produksi kitosan dari fungi *Rhizopus oryzae* menggunakan limbah kulit singkong sebagai sumber karbon dengan variasi konsentrasi 0%, 80 % dan 100%. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada penambahan substrat kulit singkong dengan fermentasi cair untuk mendapatkan berat akhir fungi untuk diekstraksi. Parameter yang diamati setelah ekstraksi yaitu karakterisasi kitosan menggunakan metode *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy* (FTIR) guna mengetahui nilai derajat deasetilasi (DD). Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dimana menggunakan desain faktorial untuk mengetahui pengaruh kondisi fermentasi terhadap produksi kitosan fungi dengan tiga perlakuan dan tiga kali ulangan. Data dianalisis secara statistik non-parametrik menggunakan *Kruskal-Wallis* menggunakan software SPSS versi 26. Hasil penelitian menunjukkan biomassa kitosan fungi *Rhizopus oryzae* menunjukkan konsentrasi 0% sebesar 1,2 g/ml, konsentrasi 80% sebesar 3,8 g/ml dan konsentrasi 100% sebesar 4,8 g/ml. Sedangkan hasil karakteristik kitosan fungi *Rhizopus oryzae* menunjukkan nilai derajat deasetilasi sebesar 62,41%.

Kata kunci: Derajat Deasetilasi, Fermentasi, Karakterisasi, Kitosan, *Rhizopus oryzae*

The Effect of Addition of Cassava Peel Substrate with Submerged Fermentation on the Degree Deacetylation of Chitosan Fungi *Rhizopus oryzae*

Inayah Ismiatin Nisak, Prilya Dewi Fitriasari, Umaiatus Syarifah

Biology Program Study, Faculty of Science and Technology, The State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRACT

Chitosan is a derivative of chitin which is obtained by deacetylation. The general formula of chitosan is $(C_6H_9NO_3)_n$ or called poly (β -(1,4)-2-amino-2-Deoxy-D-Glucopyranose). Chitosan is proven to be non-toxic, biocompatible and biodegradable. Industrially, chitosan comes from crustacean waste products with seasonal, limited supply and pollutes the environment. The development of technology and current knowledge of the use of chitosan uses the production waste of natural products that are environmentally friendly and can be used as a medium for chitin production, one of which is using fungi. Production of chitosan from the fungus *Rhizopus oryzae* uses cassava peel waste as a carbon source with various concentrations of 0%, 80%, and 100%. Therefore, this research focused on effect of addition of Cassava peel substrate with submerged fermentation method to obtain the final weight of the fungus to be extracted. The parameters observed after extraction were the characterization of chitosan using the *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy* (FTIR) method to determine the degree of deacetylation (DD). This experimental study uses a factorial design to assess the effect of fermentation conditions on the production of chitosan fungi with three treatments and three replications. Data were analyzed by non-parametric statistics using *Kruskal-Wallis* using SPSS software version 26. The results showed that the chitosan biomass of the fungus *Rhizopus oryzae* produced a 0% concentration of 1,2 g/ml, an 80% concentration of 3,8 g/ml and a 100% concentration of 4,8 g/ml. While the results of the chitosan characteristics of the *Rhizopus oryzae* fungus showed a deacetylation degree value of 62,41%.

Keywords: *Degree of deacetylation, Fermentation, Characterization, Chitosan, Rhizopus oryzae*

تأثير إضافة ركيزة قشر الكسافا بالتخمير السائل على درجة نزع الأستيل من الشيتوزان الفطريات *Rhizopus oryzae*

عناية إسمية النساء، بريليا ديوي فيترياساري، أمية الشريفة

قسم علم الأحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج

مستخلص البحث

الشيتوزان مشتق من الكيتين يتم الحصول عليه عن طريق نزع الأستيل. الصيغة العامة للكيتوزان هي $(C_6H_9NO_3)_n$ أو تسمى $(\beta-2\text{-amino-2-Deoxy-D-Glucopyranose})$. ثبت أن الشيتوزان غير سام ومتوافق حيويًا وقابل للتحلل. صناعيًا، يُشتق الشيتوزان من نفايات القشريات ذات الإمداد الموسمي والمحدود ويلوث البيئة. يمكن أن يستخدم تطوير التكنولوجيا في استخدام الشيتوزان ركائز إنتاج منتجات طبيعية صديقة للبيئة كوسائط لإنتاج الكيتين، أي باستخدام الفطريات. يستخدم إنتاج الشيتوزان من فطر ريزوبوس أوريزي نفايات قشر الكسافا كمصدر للكربون مع اختلافات في التركيز بنسبة ٠٪ و ٨٠٪ و ١٠٠٪. لذلك، ركز هذا البحث على تأثير إضافة ركيزة من قشر الكسافا بالتخمير السائل للحصول على الوزن النهائي للفطر المراد استخراجه. كانت المعلومات التي لوحظت بعد الاستخراج هي توصيف الشيتوزان باستخدام طريقة جهاز مطياف تحويل فورييه بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) لتحديد درجة قيمة ديسيتيليشن (DD). هذا البحث هو بحث تجريبي يستخدم التصميم العاملي لتحديد تأثير ظروف التخمير على إنتاج الشيتوزان الفطري بثلاث معاملات وثلاث مكررات. تم تحليل البيانات غير المعيارية إحصائيًا باستخدام كروسكال واليس باستخدام الإصدار ٢٦ من برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS). أظهرت النتائج أن الكتلة الحيوية للكيتوزان لفطر ريزوبوس أوريزي أعطت أفضل النتائج عند تركيز ٠٪ بنسبة ١٤٢ جم/لتر، تركيز ٨٠٪ بنسبة ٣٤٨ جم/لتر و تركيز ١٠٠٪ بنسبة ٤٤٥ جم/لتر. بينما أظهرت نتائج خصائص الكيتوزان لفطر ريزوبوس أوريزي قيمة درجة نزع الأستيل ٦٢،٤١٪.

الكلمات الأساسية: درجة نزع الأستيل، التخمير، التوصيف، الشيتوزان، ريزوبوس أوريزي

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bismillahirrohmaanirrohiim, segala puji bagi Allah Swt. Tuhan semesta alam karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Substrat Kulit Singkong Dengan Fermentasi Cair Terhadap Nilai Derajat Deasetilasi Kitosan Fungi *Rhizopus oryzae*”**. Tidak lupa pula shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW. yang telah menegakkan diinul Islam yang terpatri hingga akhirul zaman. Aamiin Aamiin Allahumma Aamiin.

Skripsi ini penulis ajukan sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Skripsi ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan peneliti lain untuk menambah informasi dan kontribusi terhadap pengembangan penelitian pengaruh variasi konsentrasi substrat kulit singkong terhadap derajat deasetilasi kitosan fungi *Rhizopus oryzae*.

Berkat bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak dalam penyusunan skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih yang tak terkira kepada semua pihak yang turut membantu khususnya kepada:

1. Prof. Dr. M. Zainuddin, 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. Ibu Prilya Dewi Fitriarsari, M.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran.
5. Ibu Umairatus Syarifah, M.A., selaku dosen pembimbing agama yang telah banyak memberikan bimbingan terkait sains dan islam dengan penuh kesabaran.
6. Dr. Eko Budi Minarno, M.Pd., selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan semangat kepada penulis dari awal hingga akhir studi.
7. Aba H. Bambang Sholeh Purwanto, SH.MA, Ummi Hj. Lina Utomo, Kakak Ajeng Humami Rochmawati, Mas Iklil Sulaiman dan Adik tercinta Rafif Annadhim, yang telah memberikan semangat, doa, dukungan, motivasi dan kasih sayang kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini dengan lancar dan baik.
8. Pengasuh dan mbak-mbak santri Daruzzahra Arrifa'i yang selalu memberikan dukungan, semangat dan motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
9. Teman-teman Elite Biologi 2019 dan Biologi A 2019 yang selalu memberi semangat kepada penulis untuk menyelesaikan studi ini dengan baik.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah berkontribusi dalam membantu pelaksanaan penelitian dan penyusunan

skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, dengan hati terbuka, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun ke arah perbaikan skripsi ini. Semoga segala amal baik yang diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah Swt. dan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang memerlukan. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
مستخلص البحث.....	<u>xi</u>
KATA PENGANTAR	<u>xii</u>
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	<u>xvi</u>
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Tujuan Penelitian	9
1.4 Manfaat Penelitian	9
1.4.1 Bagi Masyarakat	9
1.4.2 Bagi Peneliti.....	9
1.5 Batasan Masalah	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Kitin dan Kitosan	11
2.2 Sifat Fisik dan Kimia Kitosan.....	14
2.2.1 Derajat Deasetilasi (DD).....	16
2.3 Fermentasi Cair (<i>Submerged Fermentation</i> atau SmF)	18
2.4 Fungi	19
2.4.1 Komposisi Dinding Sel Fungi.....	19
2.4.2 Biosintesis Kitin dan Kitosan pada Dinding Sel Fungi.....	19
2.5 <i>Rhizopus oryzae</i>	22
2.5.1 Taksonomi.....	22
2.5.2 Morfologi	22

2.5.3	Kandungan dan Pemanfaatan <i>Rhizopus oryzae</i>	24
2.6	Singkong (<i>Manihot esculenta</i> Crantz.)	24
2.6.1	Taksonomi.....	24
2.6.2	Morfologi	25
2.6.3	Kandungan Kulit Singkong.....	26
2.7	<i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	28
BAB III METODE PENELITIAN		31
3.1	Jenis Penelitian.....	31
3.2	Waktu dan Tempat	31
3.3	Alat dan Bahan.....	31
3.3.1	Alat.....	31
3.3.2	Bahan	32
3.4	Prosedur Penelitian	32
3.4.1	Sterilisasi Alat dan Bahan	32
3.4.2	Pembuatan Media.....	33
3.4.3	Peremajaan Isolat Fungi <i>Rhizopus oryzae</i> dan Pemanenan Konidia.....	33
3.4.4	Preparasi Substrat Cair.....	34
3.4.5	Fermentasi Cair atau <i>Submerged Fermentation</i> (SmF).....	34
3.4.6	Ekstraksi Kitosan	35
3.4.7	Karakterisasi Derajat Deasetilasi Kitosan Menggunakan FTIR (<i>Fourier Transform Infra-Red</i>).....	36
3.5	Analisis Data.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1	Pengaruh Variasi Konsentrasi Substrat Kulit Singkong Terhadap Biomassa Fungi <i>Rhizopus oryzae</i>	38
4.2	Derajat Deasetilasi Kitosan Fungi <i>Rhizopus oryzae</i> berdasarkan Variasi Konsentrasi Substrat Kulit Singkong	43
4.3	Kajian Keislaman.....	47
BAB V PENUTUP.....		50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....		51
LAMPIRAN.....		57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Struktur Kitin dan Kitosan.....	12
2.2 Proses Deasetilasi Kitin Menjadi Kitosan.....	15
2.3 Biosintesis Kitin dan Teori N-asetilglukosamin.....	20
2.4 Karakteristik Morfologi <i>Rhizopus oryzae</i>	23
2.5 Umbi Singkong (<i>Manihot esculenta</i> Crantz.).....	26
2.6 Kulit Singkong (<i>Manihot esculenta</i> Crantz.).....	27
2.7 Spektrum FTIR dalam Karakterisasi Kitin dan Kitosan.....	29
4.1 Spektrum FTIR DD Kitosan <i>Rhizopus oryzae</i>	43

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Komposisi Dinding Sel Fungi.....	19
4.1	Berat Kering Biomassa Kitosan fungi <i>Rhizopus oryzae</i>	38
4.2	Gugus Fungsional yang Terdapat pada Kitosan.....	44

DAFTAR LAMPIRAN

1.	Alur Penelitian.....	58
2.	Pembuatan Variasi Konsentrasi Substrat Kulit Singkong.....	59
3.	Komposisi Media Penelitian.....	60
4.	Dokumentasi Penelitian.....	61
5.	Uji Normalitas, Homogenitas dan lanjutan.....	65
6.	Perhitungan Derajat Deasetilasi (DD).....	67

DAFTAR SINGKATAN

Simbol/Singkat	Keterangan
$(C_6H_9NO_3)_n$	Kitosan
$(NH_2)_2CO$	Urea
$(NH_4)_2SO_4$	Ammonium sulfat
C_2H_5OH	Ethanol
C_3H_6O	Aseton
$C_{64}H_{124}O_{26}$	Larutan tween 80
CH_3COOH	Asam asetat
cm	Centimeter
CV	Commanditaire Vennootschap
Da	Dalton
FTIR	<i>Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy</i>
	Gamma
ha	Hektar
K_2HPO_4	Dipotassium fosfat
KH_2PO_4	Monopotassium fosfat
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	Magnesium sulfate heptahydrate
NaOH	Natrium hidroksida
NH_4NO_3	Amonium nitrat
pH	Potential Hydrogen
Q.S.	Al-Qur'an Surah
SmF	<i>Submerged Fermentation</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kitosan merupakan turunan dari kitin yang didapatkan dengan deasetilasi. Rumus kimia kitosan adalah $(C_6H_9NO_3)_n$, juga dikenal sebagai poli ((1,4)-2-amino-2-Deoxy-D-Glucopyranose). Kitin dan kitosan digambarkan sebagai kopolimer linier dari N-asetil-D-glukosamin yang digabungkan dengan ikatan glikosidik (poli-1,4-glukosamin) (Huq, *et al.*, 2022). Gugus amino bebas pada rantai karbon yang bermuatan positif terdapat pada kitosan (Hambali, dkk., 2017). Salem, dkk. (2022) menyatakan bahwa biopolimer menunjukkan sifat bioaktif yang luar biasa, seperti biodegradabilitas, ramah lingkungan, tidak beracun, antibakteri, penyembuhan luka dan potensi antioksidan. Dibandingkan dengan polimer lain, kitosan terbukti tidak beracun, biokompatibel, dan dapat terurai secara hayati (Hartomo & Fitriana, 2018). Kitosan dapat menyerap logam berat dalam jumlah besar sehingga dapat memberi manfaat dalam pengolahan limbah berbahaya. Sebagai hasilnya, banyak negara menggunakan kitosan sebagai adsorben untuk mengurangi polusi di lingkungan. Kitosan juga dapat digunakan sebagai penstabil dan gelling agen di banyak aplikasi perawatan kulit serta kitosan dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk produk-produk seperti gula pasir, krim dan masker.

Pemanfaatan kitosan di bidang biologi semakin berkembang pesat dengan menggunakan bahan-bahan alam. Menurut De Lima Batista, *et al.* (2018) pemanfaatan kitosan sangat luas seperti pada bidang bioteknologi (imobilisasi enzim), pangan dan gizi (pelapis makanan antioksidan dan suplemen makanan),

rekayasa air (agen pengkelat untuk logam) dan aplikasi medis (*drug delivery system*, antikoagulan darah, dan *antiparasitic*). Kitosan dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk pengemulsi, pengkatalis dan bahan aditif makanan. Selain itu, kitosan juga berguna dalam industri farmasi sebagai pelapis tablet, bahan pengisi dan pelindung kemasan obat serta untuk manfaat lainnya seperti pengobatan kanker dan penyembuhan luka. Menurut Amorim, *et al.* (2006) kitosan berasal dari produk limbah *crustacea* dengan pasokan yang musiman karena didapatkan dari limbah yang dibuang ke laut. Kitosan yang disintesis dari limbah *crustacea* telah berhasil digunakan untuk mengikat bahan-bahan beracun seperti logam berat, amoniak dan fosfat. Hal tersebut dapat digunakan untuk menjaga kualitas air dan mengurangi tingkat pencemaran air. Selain menggunakan derivat kitin yang dihasilkan dari *crustacea* juga dapat diatasi dengan menggunakan limbah produksi hasil alam dengan menggunakan fungi yang ramah lingkungan dan dapat dijadikan sebagai media produksi kitin. Kitosan dapat digunakan untuk memperbaiki dan menghilangkan limbah industri yang sangat berbahaya. Kitosan juga berfungsi sebagai pengikat toksin dan dapat digunakan secara efektif dalam air dan limbah cair.

Kategori organisme terbesar kedua di bumi, fungi didefinisikan sebagai organisme dengan kitin yang berfungsi sebagai komponen struktural utama dinding sel. Dipercaya bahwa ada 5.100 spesies jamur, dan jumlahnya lebih dari 70.000 (Hardani, *et al.*, 2021). Beberapa dinding sel fungi sebagian besar terbuat dari kitin, kitosan, glukukan, dan mannan. Meskipun fungi dapat hidup di berbagai tempat, kebanyakan jamur lebih menyukai daerah basah. Penggunaan fungi dalam produksi kitosan dikarenakan fungi mempunyai susunan dinding sel yang

mengandung kitin (Hidayatullah, 2018). Menurut Barbosa, *et al.* (2017) dalam penelitian Hardani, dkk (2021) berdasarkan sumbernya, kitin dibagi menjadi tiga jenis, yaitu α , β dan γ . α -kitin adalah jenis yang paling melimpah, yang terdapat pada dinding sel fungi dan ragi, krill, lobster, kepiting, udang dan kutikula serangga. Hal tersebut juga dijelaskan menurut Chatterjee, *et al.* (2008) kitosan yang berasal dari cendawan atau cendawan memiliki karakteristik fisiologis yang lebih kuat dibandingkan dengan kitosan yang berasal dari deasetilasi *crustacea*, Q.S. Saba' (34): 3 menyatakan;

وَقَالَ الَّذِينَ كَفَرُوا لَا تَأْتِينَا السَّاعَةُ بَلَىٰ وَرَبِّي لَتَأْتِيَنَّكُمْ عِلْمُ الْغَيْبِ لَا يَعْزُبُ عَنْهُ مِثْقَالُ ذَرَّةٍ فِي السَّمَوَاتِ وَلَا فِي الْأَرْضِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُّبِينٍ

Artinya: “Orang-orang yang kufur berkata, “Hari Kiamat itu tidak akan datang kepada kami.” Katakanlah (Nabi Muhammad), “Pasti datang. Demi Tuhanku yang mengetahui yang gaib, kiamat itu pasti mendatangi kamu. Tidak ada yang tersembunyi bagi-Nya sekalipun seberat atom, baik yang di langit maupun yang di bumi, yang lebih kecil daripada itu atau yang lebih besar, kecuali semuanya ada dalam kitab yang jelas (Lauhulmahfuz).”

Tafsir Ilmi Kemenag RI (2015) menjelaskan bahwa kata “zarrah” pada ayat ini berarti benda yang sangat kecil. Allah Swt. menciptakan sebagaimana adanya makhluk yang berukuran kecil seperti fungi, yang awalnya banyak orang tidak mengetahui keberadaannya karena berukuran sangat kecil dan masih kurangnya pemanfaatan fungi sebagai media tumbuhnya produksi kitosan. Keberadaan fungi akhirnya menjadi bukti kebesaran Allah Swt. bahwa makhluk ciptaan Allah Swt. itu memberikan manfaat bagi makhluk lainnya sebagai produksi kitosan. Hal tersebut menjadikan sesuatu yang awalnya tidak ada atau tidak dapat dilihat dengan mata telanjang menjadi ada karena keberadaannya sudah diatur oleh Allah Swt. Melalui ayat ini Allah mengajari manusia bahwa

hanya Allah yang mengatur kehidupan dunia jasad renik “tersembunyi” dari manusia dan tidak ada yang mengontrol hal tersebut, karena jasad renik seperti fungi memiliki ukuran yang sangat kecil. Penelitian ini memanfaatkan fungi yang termasuk dalam makhluk renik yang bisa tampak dilihat dengan bantuan kaca pembesar atau mikroskop dengan tujuan mengetahui dari makhluk ciptaan Allah yang tidak bisa dilihat dengan mata telanjang manusia tetapi dapat dimanfaatkan oleh manusia.

Limbah biomassa jamur dari sektor bioteknologi dan jamur dengan kandungan polimer tinggi untuk produksi kitosan merupakan dua sumber jamur yang berpotensi untuk digunakan secara komersial untuk pembuatan kitin atau kitosan (Hardani, *et al.*, 2021). Sebagai pengganti tanaman, jamur dapat menghasilkan kitosan dari miseliumnya, yang meliputi *Ascomycetes*, *Zygomycetes*, *Basidiomycetes*, dan *Deutromycetes*. Penelitian Maghsoodi, *et al.* (2009) juga menjelaskan bahwa dinding sel fungi yang tumbuh berpotensi untuk produksi kitosan. Penggunaan dari kelas *Zygomycetes* salah satunya yaitu fungi *Rhizopus oryzae* sebagai sumber penghasil kitosan yang memiliki kandungan kitin terbanyak di kelasnya. *Rhizopus oryzae* merupakan fungi yang terbukti memiliki nilai yang relatif tinggi kandungan berat miselium kitosan sebesar 0,14 gram (Yang, *et al.*, 2017). Menurut penelitian oleh Beliaeva, *et al.* (2020), kitosan *Rhizopus oryzae* dapat digunakan sebagai antibakteri karena sifat polikationiknya, yaitu dapat mengikat lipid dan logam berat, serta sifat antioksidan, yaitu dapat mencegah kerusakan tubuh dengan cara mencegah reaksi oksidasi, yang mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat aktif. *Rhizopus oryzae* mengandung kitin dalam dinding selnya karena terdapat enzim kitin *deacetylase*. Menurut

Suntornsuk, *et al.* (2002) menjelaskan bahwa *Rhizopus oryzae* mampu mendapatkan hasil kitosan tertinggi dengan derajat deasetilasi 87,9% dan berat molekul $6,9 \times 10^4$ Da.

Produksi kitosan menurut Mrudula & Rangasamy (2011) menggunakan fermentasi untuk menghasilkan sumber kitosan salah satunya yaitu fermentasi cair (*Submerged Fermentation* atau SmF). Fermentasi terendam atau cair merupakan metode fermentasi dalam bentuk media cair yang nutrisinya tercampur di dalam suatu cairan (Elsoud & Kady, 2019). Penggunaan fermentasi SmF lebih banyak digunakan untuk produksi kitin dan kitosan, menurut Amorim, *et al.* (2006) SmF memiliki keunggulan sebagai metode fermentasi yang memberikan kemudahan kontrol parameter fermentasi, salah satunya media fermentasi. Keunggulan SmF untuk mengontrol parameter fermentasi seperti pH, suhu, nutrisi dan proses fermentasi lebih cepat (Crognale, *et al.*, 2022). Oleh karena itu, pada penelitian ini ingin menggunakan metode fermentasi cair atau SmF.

Adanya variasi spesies fungi terhadap kandungan kitosan dan kitin tergantung pada metode budidaya fungi dan sistem fermentasi (Elsoud & Kady, 2019). Hal tersebut sesuai penelitian Habibi, *et al.* (2020) bahwa penelitiannya menggunakan ekstrak limbah apel sebagai salah satunya sumber karbon dengan modifikasi variasi konsentrasi dengan rentang 20%, 40%, 60% dan 80%. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa hasil paling maksimal terdapat pada konsentrasi 80% yang menghasilkan biomassa fungi meningkat menjadi 25,84 gram. Ekstraksi limbah apel menghasilkan biomassa fungi 9,1 gram pada konsentrasi 20%, dilanjutkan dengan konsentrasi 40% dan 60% menghasilkan biomassa fungi sekitar 13-21 gram. Proses fermentasi yang dilakukan dengan

menggunakan kitosan komersial dari *crustacea* juga ditemukan konsentrasi sebesar 40%, 50% dan 60% (Jayangti & Unung., 2020). Menurut New, *et al.* (2001) pada fermentasi SSF dengan hasil jumlah biomassa kitosan yang terbaik yaitu 12,7 gram menggunakan konsentrasi limbah kulit singkong sebesar 29% dan pada fermentasi SmF menggunakan konsentrasi limbah kulit singkong sebesar 56%. Hasil perbandingan produksi kitosan dari jerami gandum sebagai substrat dasar fermentasi cair dan pada dari *Lentinus edodes* mencapai konsentrasi kitosan maksimum sekitar 120 mg/L pada fermentasi cair dengan suhu inkubasi 28 °C kecepatan 400 rpm selama 12 hari dan 6,18 mg/L dengan fermentasi padat (Crestini, *et al.*, 1996).

Beberapa kelompok fungi dan salah satunya *Rhizopus oryzae* menjadi kelompok fungi yang mampu mengonversi amilum (pati) menjadi gula sebagai sumber nutrisi yang banyak terkandung pada ubi kayu (singkong), beras, jagung, talas dan ubi jalar (Ade, 2013). Banyak orang makan singkong karena memiliki banyak karbohidrat. Salah satu polimer alam dapat dijadikan alternatif sumber karbon yang berpotensi sebagai substrat pertumbuhan fungi dalam produksi kitosan yaitu singkong. Singkong merupakan tumbuhan tropis yang termasuk dalam famili *Euphorbiaceae*, menurut Stephanie dan Purwadaria (2013) ubi kayu diproduksi di Indonesia terutama dari wilayah Lampung, di mana 8-9 juta ton diproduksi setiap tahun, diikuti oleh Jawa Timur dengan 5 juta ton, Jawa Tengah dengan 4 juta ton, Jawa Barat dengan 3 juta ton, Sumatera Utara dengan sekitar 2 juta ton. ton, dan Nusa Tenggara Timur 1,5 juta ton. Ubi kayu dipanen pada 959.926 ribu hektar di Indonesia pada tahun 2018, dan dihasilkan 32,8 juta ton dengan produktivitas 21,85 ton/ha (Yuliati, *et al.*, 2019; Putri dan Siti, 2021).

Data produksi keripik singkong “Lumba-lumba”, Turen, Kab. Malang, Jawa Timur mulai tahun 2016 hingga 2019 berdasarkan kontribusi UMKM terhadap Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) sangat besar, mencapai sekitar 54%. Pasokan bahan baku singkong yang diolah mencapai 10 sampai 12 ton/hari. Walaupun saat terjadi pandemi covid-19 mengalami penurunan, namun pada tahun 2020 pasokan bahan baku singkong yang diolah masih cukup tinggi yaitu mencapai 6 sampai 8 ton/hari. Total produksi singkong akan dihasilkan lebih kurang 16% dan limbah kulit singkong setara dengan 5,25 juta ton (Saputri dan Siti, 2021).

Kulit singkong merupakan sumber karbon yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan kitosan karenan memiliki nilai gizi yang tinggi. Nilai gizi limbah kulit singkong adalah 2,45% protein, 0,73% serat kasar, 0,83% lemak kasar, dan 29,13% karbohidrat, menurut Feliana, *et al.* (2014) dalam Putri dan Siti (2021). Karena 25% singkong terdiri dari kulitnya, penggunaan singkong dalam pengolahan makanan pasti akan menghasilkan limbah kulitnya. Darmawan (2006) dalam Wachid dan Pratiwi (2019) melaporkan bahwa jumlah limbah kulit singkong yang dihasilkan sekitar 16% dari seluruh jumlah singkong yang ditanam atau 5,248 juta ton. Menurut Wahyuningtyas dan Lukman (2016) melakukan penelitian mengenai pemanfaatan kulit singkong sebagai produksi kitosan dengan *Plasticizer* asam oleat. Hasil yang didapatkan dari komposisi kulit singkong sebagai produksi kitosan dengan *Plasticizer* asam oleat diperoleh % derajat deasetilasi sebesar 49-91,11 %.

Parameter untuk mengetahui karakteristik kitosan salah satunya yaitu derajat deasetilasi (Rumengan, dkk., 2018). Derajat deasetilasi dipengaruhi oleh

beberapa faktor antara lain: konsentrasi basa, suhu, waktu reaksi, rasio antara kitin dan larutan basa, serta ukuran partikel (Wahyuni, dkk., 2016). Aplikasi jangka panjang suhu tinggi dalam proses deasetilasi menurunkan hasil dan berat molekul, tetapi dapat meningkatkan derajat deasetilasi (Sugita, dkk., 2009). Ritongan, dkk (2021) diklasifikasikan sebagai kitin ketika derajat deasetilasi kurang dari 60%, dan ketika derajat deasetilasi lebih dari 60% diklasifikasikan sebagai kitosan. Produksi kitosan oleh fungi kisaran 30-35% dari berat kering dinding sel miselia (Namboodiri & Kannan., 2020). Menurut Elsoud & Kady (2019) metode *Fourier Transform InfraRed* (FTIR) merupakan teknik yang paling populer karena sangat sederhana dan membutuhkan persiapan sampel yang minimal. Kualitas kitosan dapat diketahui dari derajat deasetilasinya. Derajat deasetilasi memengaruhi dalam aplikasi kitosan, karena menentukan muatan gugus amina bebas serta digunakan dalam membedakan antara kitin dan kitosan (Mastuti, 2005).

Berdasarkan penjelasan diatas, limbah kulit singkong berpotensi sebagai sumber karbon untuk menghasilkan kitosan dari fungi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan kulit singkong sebagai sumber karbon yang berpotensi sebagai substrat pertumbuhan fungi dalam produksi kitosan fungi *Rhizopus oryzae* dengan menggunakan metode fermentasi cair (*Submerged Fermentation* atau SmF) serta untuk mengetahui nilai derajat deasetilasi kitosan fungi *Rhizopus oryzae* menggunakan metode *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy* (FTIR).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi substrat kulit singkong terhadap biomassa kitosan fungi *Rhizopus oryzae*?
2. Bagaimana nilai derajat deasetilasi kitosan fungi *Rhizopus oryzae* berdasarkan variasi konsentrasi substrat kulit singkong?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi substrat kulit singkong terhadap biomassa kitosan fungi *Rhizopus oryzae*.
2. Untuk mengetahui nilai derajat deasetilasi kitosan fungi *Rhizopus oryzae* berdasarkan variasi konsentrasi substrat kulit singkong.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Masyarakat

Manfaat penelitian ini bagi masyarakat adalah memberikan, menambah dan sebagai referensi sumber informasi mengenai ilmu dasar tentang kitosan serta informasi ilmiah mengenai pengaruh penggunaan bahan alami yang ramah lingkungan terhadap produksi kitosan fungi dengan menggunakan fermentasi cair dari substrat kulit singkong.

1.4.2 Bagi Peneliti

Manfaat penelitian ini bagi peneliti adalah peneliti mendapatkan pengetahuan dan skill baru serta dapat dikembangkan mengenai produksi kitosan dari fungi dengan menggunakan fermentasi cair yang didapatkan dari substrat kulit singkong.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Kulit singkong yang digunakan sebagai sumber karbon adalah yang berwarna putih.
2. Metode fermentasi kitosan menggunakan fermentasi cair (*submerged fermentation* atau SmF).
3. Pengamatan karakteristik derajat deasetilasi kitosan menggunakan metode FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*).

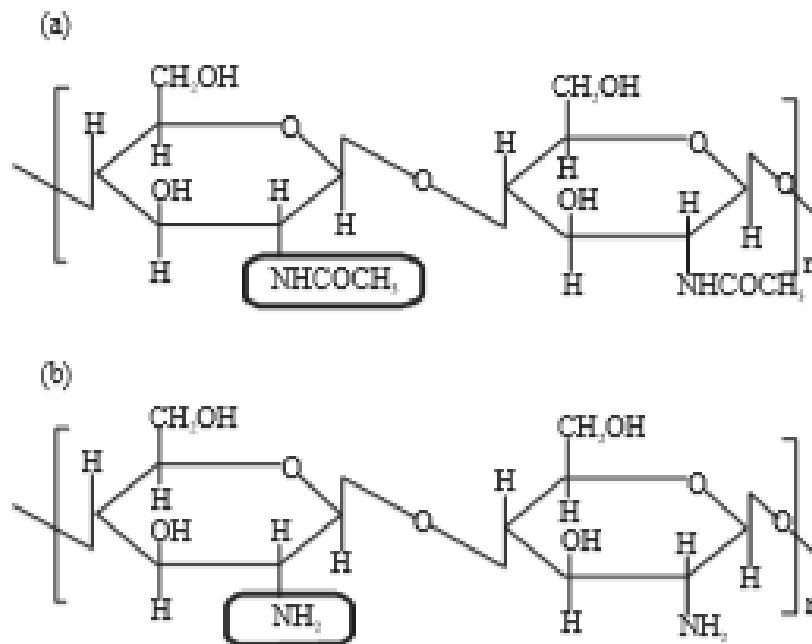
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kitin dan Kitosan

Kitin adalah biopolimer alami yang dapat diperoleh di laut dan daratan. Kitin terdapat pada kerang laut, serangga, fungi dan ragi. Ditemukan persentase kandungan kitin tertinggi telah diamati ada pada cangkang dan ekor kepiting, udang dan lobster (Rifai dan Dewi, 2007). Di alam kitin merupakan senyawa yang tidak berdiri sendiri tetapi bergabung dengan senyawa lain seperti protein, mineral dan pigmen. Kitin merupakan bentuk molekul yang hampir sama dengan selulosa, yaitu suatu bentuk polisakarida yang dibentuk dari molekul-molekul glukosa sederhana yang identik (Harianingsih, 2010). Monomer kitin adalah 2-asetamida-2-deoksi-D-glukosa (N-asetilglukosamin) dengan rumus molekul $(C_8H_{13}NO_5)_N$ (Horton, 2002). Kitin secara alami tidak memiliki tingkat asetilasi yang lengkap. Kitin biasanya mempunyai derajat deasetilasi kurang dari 10% (Hartati, dkk., 2002). Menurut Abourehab, *et al* (2022) kitin merupakan salah satu polimer alam yang melimpah, biopolimer polikationik, memiliki beberapa aplikasi seperti pemurnian limbah, koaservasi jebakan sel dan pelapisan benih untuk hasil panen yang lebih tinggi dan juga sebagai bahan kemasan makanan. Penggunaan kitin dibatasi oleh sifat-sifat yang tidak larut dan sulit dipisahkan dengan bahan lain yang terikat terutama protein, sehingga untuk pemanfaatannya kitin perlu diubah terlebih dahulu menjadi kitosan (Hendri, 2008).

Turunan kitin yang terkenal adalah kitosan. Kitosan merupakan polimer polikationik yang diisolasi setelah deasetilasi kitin. Hal tersebut juga dijelaskan menurut Abourehab, *et al* (2022) bahwa kitosan adalah polimer rantai lurus dari

[β (1-4)-2-amina-2-deoksi-D-glukosa] dengan beberapa unit D-glukosamin residu, yang dapat dengan mudah diperoleh dengan N-deasetilasi dari heteropolimer kristalin tinggi kitin. Menurut Hassan & Chang (2017) struktur kitin dan kitosan dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Kitin (a), Struktur Kitosan (b)

Kitosan adalah polimer linier β (1,4)-2-amina-2-deoksi-D-glukosamin dan N-asetil-D-glukosamin. Kitosan mengandung amino yang membentang di sepanjang rantai dan intensitas protonasi gugus amino dalam fungsinya (Glinka, *et al.*, 2022). Kitosan merupakan polimer turunan dari kitin dengan deasetilasi kitin pada berbagai tingkat derajat. Para ilmuwan di bidang polimer telah menganggap kitin dan kitosan sebagai biopolimer penting dalam bidang biomedis, elektronik dan farmasi. Semua hasil alam yang diciptakan Allah ada manfaatnya. Hukum Islam memandang bahwa semua ciptaan Allah tidak ada yang sia-sia seperti yang dituangkan dalam Q.S. Sad (38): 27;

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ۚ ذَٰلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا

مِنَ النَّارِ

Artinya: “Kami tidak menciptakan langit dan bumi serta apa yang ada di antara keduanya secara sia-sia. Itulah anggapan orang-orang yang kufur. Maka, celakalah orang-orang yang kufur karena (mereka akan masuk) neraka”. (Q.S. Sad; 27)

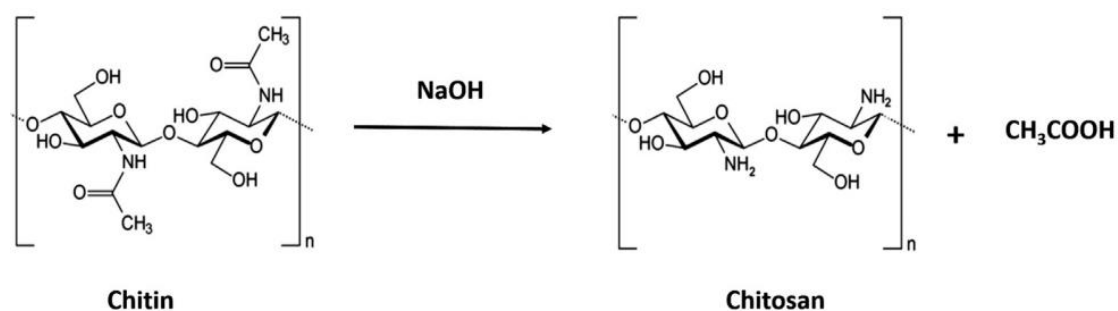
Tafsir Ilmi Kemenag RI (2015) menjelaskan bahwa apa yang diciptakan oleh Allah Swt. di langit dan di bumi baik malam ataupun siang menjadi bukti nyata untuk orang-orang beriman, berakal sehat dan menunjukkan bahwa Allah Swt. menciptakan alam semesta supaya manusia menyembah kepada Allah Swt., karena Allah akan selalu memantau segala sesuatu yang ada di bumi dan tidak ada sesuatu pun yang tersembunyi dari Allah Swt., seperti halnya pemanfaatan kitosan yang memiliki manfaat bagi kehidupan sehari-hari meskipun sangat kecil atau tidak dapat dilihat oleh mata telanjang. Hal tersebut Allah Swt. bertujuan untuk mengetahui kedalaman iman dan keyakinan makhluk Allah Swt. terhadap apa yang diciptakan dan seberapa besar rasa ingin mengetahui manfaat semua sesuatu yang diciptakan, karena Allah Swt. menciptakan langit dan bumi serta semua yang ada di antara keduanya tidak dengan sia-sia atau tidak memberikan manfaat (hikmah) sesama makhluk. Allah Swt. menciptakan semua yang ada di langit dan bumi ini dengan kebenaran dan untuk memberitahukan kepada hamba bahwa hanya Allah yang sempurna. Allah Swt. akan memberikan masalah dan solusi yang terjadi kepada hamba Allah, karena penciptaan alam ini apabila tanpa tujuan atau manfaat yang *haq*, maka artinya apa yang dilakukan oleh Allah Swt. menyangkut kehidupan dan kematian makhluk serta penciptaan serta pemusnahannya.

Kitosan adalah polimer deasetilasi sebagian yang derajat asetilasinya menunjukkan gugus asetil dalam rantai. Kitosan mengandung gugus bermuatan positif. Gugus tersebut adalah gugus amino bebas dalam rantai karbon. Gugus amina bebas ini yang sering dimanfaatkan (Hambali, dkk.,2017). Menurut Abourehab, *et al.* (2022) juga menjelaskan bahwa kitosan tidak larut dalam air dan tidak larut dalam sebagian besar media organik cair, tetapi larut dalam berbagai media asam berair di bawah pKa (pH = 6,5), termasuk asam laktat, asam asetat, asam format, asam sitrat, asam sulfonat, asam p-toluena sulfonate dan dimetil sulfoksida. Kelarutan kitosan dapat ditingkatkan dengan menurunkan massa molekulnya. Konsentrasi rantai N-asetilglukosamin dalam kitosan dipengaruhi oleh berat molekul yang memiliki efek intramolekul dan antarmolekul yang mengarah ke morfologi kitosan yang beragam. Menurut Bahri, dkk (2015) kitosan tidak dapat larut dalam larutan netral atau basa, tetapi larut dalam asam-asam organik.

2.2 Sifat Fisik dan Kimia Kitosan

Kitosan memiliki sifat polielektrolit berupa padatan amorf dan berwarna putih kekuningan (Hasan, *et al.*, 2022). Kitosan memiliki sifat fisikokimia, stabilitas kimia, reaktivitas tinggi, sifat kelat tinggi dan selektivitas tinggi terhadap pengotor (Oktarina, *et al.*, 2017). Sifat kitosan sangat tergantung pada sumber dan proses produksinya. Sifat terpenting yang menentukan kualitas dan luas penggunaan kitosan dapat dilihat dari berat molekul, derajat deasetilasi dan kelarutannya (Abo, 2019). Menurut Hambali, dkk. (2017), berat molekul dan derajat deasetilasi memegang peranan penting dalam penggunaannya, karena

kedua parameter tersebut mempengaruhi kelarutan, sifat fisika-kimia, serta sifat biokompatibilitas dan aktivitas imun. Daya serap kitin dan kitosan meningkat ketika jumlah gugus amino bebas meningkat. Kitosan disintesis melalui proses deproteinisasi dan deasetilasi-demineralisasi. Demineralisasi untuk menghilangkan mineral yang terkandung dalam bahan baku dengan larutan asam encer. Penghapusan protein untuk menghilangkan residu protein yang masih dalam bahan baku menggunakan larutan basa encer. Deasetilasi dilakukan untuk menghilangkan gugus asetil (Kim, 2005). Menurut Namboodiri & Kannan (2020) proses deasetilasi kitin menjadi kitosan dapat dilihat pada gambar 2.2;



Gambar 2.2 Proses Deasetilasi Kitin Menjadi Kitosan

Menurut Srijanto, dkk., (2006) dan Wahyuni, dkk., (2016) deasetilasi adalah proses perubahan gugus asetamida (NHCOCH₃) pada kitin menjadi gugus amina (NH₂) pada kitosan dengan menambahkan NaOH pekat atau larutan basa kuat konsentrasi tinggi. Kitosan dapat diproduksi dari kitin dengan menggunakan prosedur deasetilasi, menurut Hambali, dkk. (2017). Interaksi ikatan hidrogen dan ionik menjadi lebih kuat ketika lebih banyak gugus asetil dihilangkan dari polimer kitin. Ini membuat kitosan berbeda dari polisakarida alami lainnya karena memiliki muatan positif. Salah satu proses utama dalam konversi kitin menjadi kitosan adalah deasetilasi menggunakan larutan basa, biasanya larutan NaOH.

Dalam proses deasetilasi, ikatan N-asetil kitin (rantai C-2) bereaksi dengan NaOH menghasilkan kitosan. Proses deasetilasi kitin dilakukan pada suhu tinggi dan lingkungan yang sangat basa. Hal ini diperlukan karena ikatan hidrogen antara gugus karboksilat dan atom nitrogen pada unit berulang berikutnya kuat dan struktur kitin sangat kental. deasetilasi kitin berlangsung dalam suasana yang sangat basa pada suhu tinggi. Ini diperlukan karena struktur kitin sangat kental dan ikatan hidrogen antara gugus karboksilat dan atom nitrogen pada unit berulang berikutnya kuat.

Deasetilasi menurut definisi Muhlis, *et al.* (2021), adalah konversi gugus fungsi asetil kitin menjadi gugus amina. Enzim kitin dideasetilasi selama proses deasetilasi biologis. Karena kitin sebagian besar tidak larut dalam pelarut, tidak banyak kegunaannya. Kitosan di sisi lain, memiliki kegunaan yang luas karena dapat dengan mudah dilarutkan dalam larutan asam encer, seperti asam asetat, format, dan laktat pada pH 6,0. Larutan yang paling umum digunakan adalah asam asetat 1% pada sekitar pH 4,0 (Zamani, *et al.*, 2008).

2.2.1 Derajat Deasetilasi (DD)

Derajat deasetilasi (DD) merupakan salah satu parameter terpenting yang mempengaruhi karakteristik fisik dan kimia kitin dan kitosan, reaktivitas kimia, dan aktivitas biologi (Akila, 2014). Tingkat asetilasi didefinisikan sebagai fraksi (dinyatakan dalam %) unit *glucopyranose* asetilasi dari rantai polimer. Setha *et al.* (2019) menjelaskan bahwa kelarutan kitosan bergantung pada berat molekul dan tingkat deasetilasinya. Gugus asetil kitosan menjadi lebih kecil dengan meningkatnya derajat deasetilasi, meningkatkan kontak antara ion dan ikatan

hidrogen. Kitosan menjadi bermuatan positif ketika gugus asetil darinya dilepaskan dan kitosan yang bermuatan positif ini dapat mengikat zat bermuatan negatif seperti protein dan anion polisakarida untuk menciptakan ion netral. (Batista, *et al.*, 2018). Menurut Glinka, *et al.* (2022) menjelaskan bahwa setelah proses deasetilasi kitosan dapat diperoleh dari larutan dalam berbagai bentuk, seperti bubuk, serat dan spons. Hal yang mempengaruhi kelarutan kitosan diantaranya yaitu berat molekul (Mw), derajat deasetilasi (DA), konsentrasi ionik, pH, sifat asam dan distribusi gugus asetil beserta rantai utama.

Kitosan diproduksi dengan deasetilasi fisik atau kimia dari kitin dan secara umum diterima bahwa 70% kitin yang dideasetilasi adalah kitosan. Namun dalam aplikasi komersial, tingkat deasetilasi (DD) 70-90% atau bahkan lebih tinggi. Oleh karena itu, berat molekul kitosan umumnya bergantung pada nilai derajat deasetilasinya. Semakin rendah derajat deasetilasi, maka semakin tinggi berat molekul (MW), yang memberikan stabilitas kimia dan mekanik yang lebih signifikan tetapi juga menurunkan kelarutannya sebagian besar pelarut. Reaksi deasetilasi ini idealnya dilakukan dalam lingkungan yang kaya nitrogen atau dengan menambahkannya ke dalam campuran NaOH dan natrium borohidrida untuk menghindari terjadinya reaksi samping (Abourehab, *et al.*, 2022). Proses deasetilasi gugus asetil kitinasetamida dimulai dengan nukleofil OH yang menyerang gugus karbonil karbon dan memicu reaksi adisi untuk membentuk zat antara. Mengikuti reaksi eliminasi, zat antara ini melepaskan gugus asetil dari kitinasetamida untuk membuat asetat. Jumlah ion OH yang ada dalam larutan mempengaruhi bagaimana gugus asetil dari gugus kitin-asetamida diserang. Dalam larutan yang sangat basa, terdapat konsentrasi OH⁻ yang lebih besar.

Konsentrasi OH dalam larutan meningkat dengan kekuatan basa. Dengan demikian, kekuatan basa mempengaruhi bagaimana gugus asetil kelompok kitin asetamida dideasetilasi (Rumengan, dkk., 2018).

2.3 Fermentasi Cair (*Submerged Fermentation* atau SmF)

Kandungan kitin dan kitosan dalam spesies jamur dapat bervariasi tergantung pada metode budidaya jamur dan sistem fermentasi, salah satunya fermentasi cair. Menurut Amorim, *et al.*, (2006) SmF memiliki keunggulan spesifik sebagai metode fermentasi yang memberikan kemudahan kontrol parameter fermentasi, seperti pH dan konsentrasi nutrisi dalam media fermentasi. Menurut Hendri & Laila (2013) fermentasi cair dapat dilakukan dengan tiga metode, diantaranya yaitu:

1. *Batch Culture* (Fermentasi tertutup), fermentasi ini setelah inokulasi tidak dilakukan penambahan medium, kecuali pemberian oksigen, antibiuh dan asam atau basa yang mengatur pH
2. *Fed-Batch* yaitu pemeliharaan konsentrasi optimum substrat pertumbuhan yang dibutuhkan selama pemanenan produk secara terus menerus.
3. *Continuous* yaitu metode yang melibatkan sistem bioreaktor, dimana substrat steril dan komponen media lainnya.

Langkah sederhana untuk penentuan biomassa fungi dengan SmF mempermudah untuk produksi kitin dan kitosan. Namun, kemungkinan kontaminasi yang lebih tinggi, jika kondisi aseptik tidak dipertahankan, produksi banyak air limbah setelah pemulihan biomassa, dan pengeluaran energi yang tinggi selama pengadukan untuk pencampuran yang memadai merupakan

penghalang utama dalam penggunaan SmF (Sitanggang, *et al.*, 2012 dalam Elsoud & Kady, 2019).

2.4 Fungi

2.4.1 Komposisi Dinding Sel Fungi

Dinding sel umumnya terdiri dari selulosa (suatu karbohidrat yang berantai panjang), zat serupa lignin dan beberapa zat organik lainnya. Menurut Suryani, dkk. (2020) terdapat beberapa komposisi dinding sel fungi dapat dilihat pada tabel 2.1;

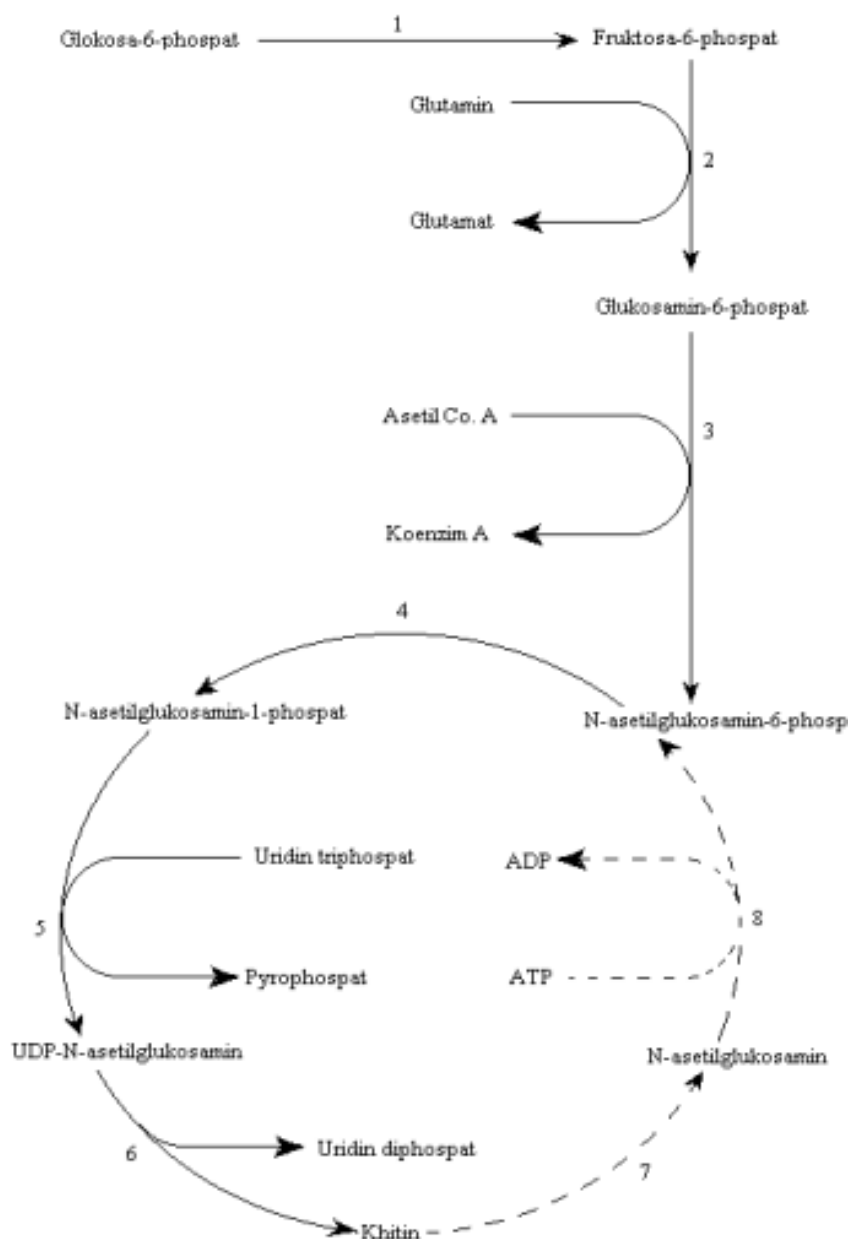
Tabel 2.1 Komposisi Dinding Sel Fungi

No.	Kategori Dinding Sel	Kelompok Fungi	Genus
1.	Selulosa – Glikogen	Acrasiomycetes	Poltsphondylium, Dictyostellium
2.	Selulosa - β - Glukan	Oomycetes Hyphochytridi	Phytophthora, Phythium, Saprolegnia
3.	Selulosa – Kitin	Oomycetes Zygomycetes	Rhizidiomyces Mucor, Phycomyces
4.	Kitin – Kitosan	Chytridiomycetes	Zygorchynchus Allomyces
5.	Kitin – β – Glukan	Ascomycetes Deuteromycetes Basidiomycetes	Blastocladiella Neurospora, Ajellomyces Aspergillus Schizophyllum, Fomes

2.4.2 Biosintesis Kitin dan Kitosan pada Dinding Sel Fungi

Pembentukan hifa mengakibatkan pemanjangan dinding primer yang diikuti dengan produksi komponen dinding sel (Yurnaliza, 2002). Proses

biosintesis kitin, menurut Carlile & Watkinson dalam Yurnaliza (2002), diawali dengan transformasi glukosa-6-fosfat menjadi uridin difosfat N-asetilglukosamin (UDP-GlcNAc) sebagai prekursor kitin. dapat dilihat pada Gambar 2.3;



Gambar 2.3 Biosintesis Kitin (\Rightarrow) dan teori siklus N-asetilglukosamin ($- \Rightarrow$). Enzim fosfo-gluko-isomerase; 2) glutamine-fruktose-6-fosfat – amino-1) Enzim fosfo-gluko-isomerase; 2) glutamine-fruktose-6-fosfat-amino-transferase; 3) glukosamine-fosfate-asetil-transferase; 4) asetil-glucosamine fosfomutase; 5) UDP-asetil-glukosamine pirofosforilase 6) kitin sintetase ; 7) kitinase; 8) N-asetil-glukosamine kinase

Menurut Elsoud & Kady (2019) dalam sintesis kitin membutuhkan bahan, salah satunya yaitu glikogen. Dilanjutkan dengan katalis glikogen oleh enzim fosforilase dimana glikogen diubah menjadi glukosa-1-fosfat kemudian menjadi glukosa-6-fosfat. Selanjutnya diubah menjadi fruktosa-6-fosfat oleh heksokinase, kemudian diubah menjadi N-asetil glukosamin yang melibatkan glutamin menjadi asam glutamat dan asetilase (asetil KoA menjadi KoA). Transfer fosfat ke C6 ke C1 dikatalisis oleh fosfo-N-asetil glukosamin mutasi, kemudian uridin difosfat (UDP) N-asetil glukosamin dibentuk dengan pemanfaatan uridin trifosfat (UTP). Akhirnya kitin terbentuk dari UDP N-asetil glukosamin dengan adanya kitin sintase. Deasetilasi kitin di dalam dinding sel fungi dikatalis oleh enzim kitin deasetilase (Batista, *et al.*, 2018).

Dinding sel dibentuk sebagian oleh vesikel sitoplasma. Vesikel ini mentransfer zat yang dibutuhkan untuk membuat dinding di permukaan, seperti enzim, produk, atau prekursor. Perkembangan dinding sel jamur melibatkan dua vesikel, khususnya 1). Vesikel dinding dan vesikel sekretori adalah nama lain untuk makrovesikel. Penciptaan polimer polisakarida non-fibrillar melibatkan vesikel ini. 2). Pembentukan polisakarida mikrofibril (kitin), juga dikenal sebagai mikrovesikel atau sitosom, adalah penting. Bergantung pada jenis dan lokasi selnya, kitin hadir dalam fungsinya dalam bentuk mikrofibril. Komponen utama dari dinding sel jamur adalah jaringan rantai polisakarida yang disebut mikrofibril (Yurnaliza, 2002). Menurut Elsoud & Kady (2019) distribusi kitin tersebar luas pada spesies fungi termasuk *Ascomycetes*, *Basidiomycetes*, dan *Phycomycetes*. Kitin fungi merupakan komponen membran struktural dan dinding sel miselia, tangkai, dan spora.

2.5 *Rhizopus oryzae*

2.5.1 Taksonomi

Adapun klasifikasi *Rhizopus oryzae* menurut Crognale, *et al* (2022) adalah sebagai berikut:

Kingdom: Fungi

Kelas: Zygomycetes

Ordo: Mucorales

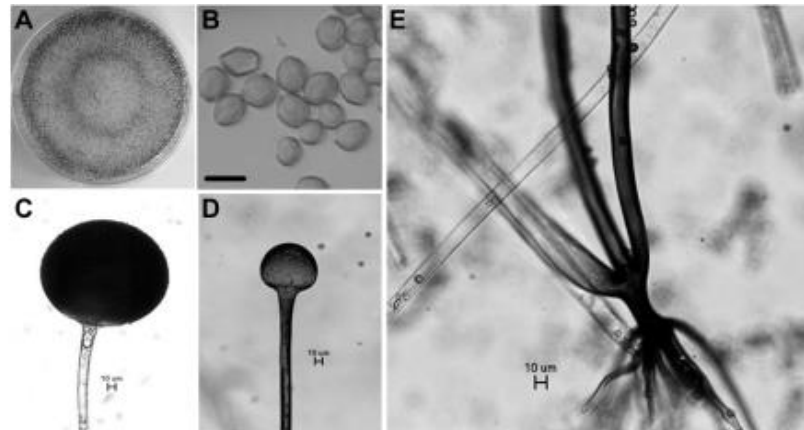
Family: Mucoraceae

Genus: *Rhizopus*

Spesies: *Rhizopus oryzae*

2.5.2 Morfologi

Fungi *Rhizopus oryzae* merupakan jamur dari genus *Zygomycota* yang hifanya membentuk rizoid yang menempel pada substrat. Pengamatan mikroskopis *Rhizopus oryzae* berwarna coklat dan bercabang, stolon halus dan berwarna coklat. Menurut Ade (2013) spora bentuknya bulat atau setengah lingkaran dengan dinding berwarna coklat tua. Miselium fungi *Rhizopus oryzae* menyebar di atas substrat melalui hifa vegetatifnya. Fungi *Rhizopus oryzae* ini berkembang biak secara aseksual dan dapat menghasilkan spora. Sporangifor dipisahkan dari hifa oleh hifa lain yang dipisahkan oleh dinding seperti septa (Santoso, 2013). Menurut Kwon, *et al.* (2010) *Rhizopus oryzae* memiliki koloni berwarna putih atau abu-abu, rizoid berwarna coklat dan bercabang, stolon halus dan berwarna kecoklatan, dan spora berbentuk bulat atau setengah lingkaran dengan dinding berwarna cokelat tua, dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut;



Gambar 2.4 Karakteristik Morfologi *Rhizopus oryzae*.
 (A) Koloni tumbuh pada media PDA 6 hari setelah inokulasi; (B) Sporangiospora (skala = 10 μ M); (C) Sporangium dan Sporangiofor; (D) *Columella*; (E) *Rhizoid*

Rhizopus oryzae merupakan spesies yang tergolong fungi yang aman. Fungi ini umum digunakan untuk produksi bahan kimia platform penting industri, seperti asam L-laktat, asam fumarat, ethanol, dan berbagai macam enzim komersial seperti amilase, xylanase, pektinase, dan selulase (Gopi, *et al.*, 2020). Berdasarkan Gambar 2.4 menjelaskan bahwa *Rhizopus oryzae* memiliki koloni yang warnanya berkisar dari putih hingga coklat keabu-abuan hingga coklat kekuningan. Pada jamur ini, rizoid bercabang berlawanan arah dari sporangiofor dan dapat muncul dari stolon saja. Dengan suhu minimum 5-7 C dan suhu pertumbuhan maksimum 35-44 C, jenis jamur ini dapat tumbuh paling baik pada suhu 35 C (Kwon, *et al.*, 2010).

Rhizopus oryzae memiliki stolon lebar dan *rhizoid* coklat. Sporangiofor dapat muncul sendiri atau berkelompok. Sporangium berbentuk bulat hingga *subglobose* dengan dasar yang rata di atas *columella*. Sporangiofor memiliki panjang hingga 3500 μ m dengan lebar 18 μ m, sporangia berwarna abu-abu hitam dengan diameter hingga 200 μ m. *Columella* berbentuk *ellipsoid* hingga

subglobose dan berwarna keabu-abuan. *Columella* usia biakan tinggi mencapai 10 mm, tekstur stolon berdinding halus dan hampir tidak berwarna, sporangiospor berbentuk bulat, tetapi biasanya berbentuk poligonal terdapat garis pada permukaan dan panjang sekitar 4-10 μm . (Reiss, *et al.*, 2019). Menurut Nissa, *et al.* (2021) *Rhizopus oryzae* memiliki sporangiospora banyak dan tidak teratur berbentuk *globose* atau oval, berdinding halus, bercabang, tidak bersepta dan muncul dari stolon yang berlawanan dengan rizoid. *Columella* berbentuk bulat, pucat berwarna cokelat, rizoid dan stolon berwarna cokelat tua.

2.5.3 Kandungan dan Pemanfaatan *Rhizopus oryzae*

Rhizopus oryzae terbukti memiliki kandungan kitosan yang relatif lebih tinggi pada biomassa 0,14 g/g (Pochanavanich & Suntornsuk, 2002). Kitosan *Rhizophus oryzae* dapat dimanfaatkan sebagai antibakteri karena memiliki sifat polikationik yang dapat mengikat lipid dan logam berat (Ghosh & Ray, 2011). *Rhizopus oryzae* mengandung hemiselulosa yang mana merupakan salah satu komponen utama lignoselulosa sekitar 25-35% (Peng & She, 2014), mengandung kitin komponen dinding sel pada *Rhizopus oryzae* (Kaur & Dhillon, 2014). *Rhizopus oryzae* mengandung polimer kitin dan kitosan dalam struktur dinding selnya dan merupakan kelompok yang sangat menarik untuk aplikasi bioteknologi (Amorim, *et al.*, 2006).

2.6 Singkong (*Manihot esculenta* Crantz.)

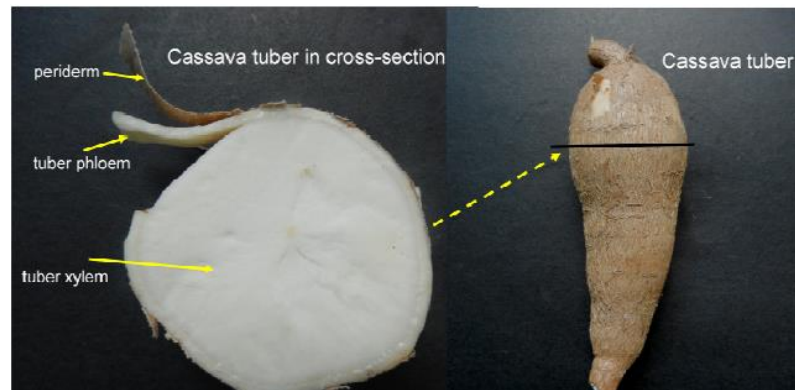
2.6.1 Taksonomi

Adapun klasifikasi dari Singkong (*Manihot esculenta* Crantz.) menurut ITIS (2023) adalah sebagai berikut:

Kingdom: Plantae
Divisi: Tracheophyta
Class: Magnoliopsida
Order: Malpighiales
Family: Euphorbiaceae
Genus: Manihot
Spesies: *Manihot esculenta* Crantz.

2.6.2 Morfologi

Singkong adalah tanaman pangan dengan umbi-umbian yang kaya akan zat besi, kalsium, fosfor, vitamin, dan karbohidrat. Untuk mengatasi ketahanan pangan Indonesia yang semakin menurun, singkong dapat dimanfaatkan sebagai pengganti beras. Fakta bahwa ubi kayu dapat tumbuh di tanah yang kering, tidak produktif dan musim panen yang tidak terburu-buru sehingga dapat dijadikan lumbung hidup adalah manfaat tambahan yang tidak dimiliki oleh tanaman pangan lainnya (Ramandha, dkk., 2021). Menurut Jurni (2020) ubi kayu termasuk dalam famili Euphorbiaceae atau Jatropha. Singkong memiliki banyak nama daerah antara lain Cassava, Cassava, Pohung, Kasbi, Sepe, Boled, Budin (Jawa), Sampeu (Sunda), Kaspe (Kacang), (Bahasa Inggris) Cassava, Tapioca Plant (Filipina), Kamoteng Kahoy dan lain-lain. . Permintaan singkong tumbuh setiap tahun karena pertumbuhan penduduk dan pesatnya perkembangan industri pangan dan non-pangan. Tanaman singkong tidak membutuhkan tanah yang subur, hanya membutuhkan tanah yang cukup gembur untuk menghasilkan hasil yang memuaskan. Karakteristik secara makroskopis singkong (*Manihot esculenta* Crantz.) menurut Yao, *et al.* (2014) dapat dilihat pada gambar 2.5 bahwa pada bagian luar dilapisi oleh kulit berwarna coklat dan bagian dalam berwarna putih.



Gambar 2.5 Umbi Singkong (*Manihot esculenta* Crantz.)

Nasi dapat digantikan sebagai makanan pokok oleh singkong, tanaman pangan alternatif. Keunggulan tanaman ubi kayu dibandingkan tanaman lain seperti padi adalah kemudahan penanaman, ketahanan terhadap hama dan penyakit, kemampuan menahan kekurangan air atau curah hujan rendah, dan kemampuan memproduksi dengan baik pada tanah yang kekurangan unsur hara. (Caniago *et al.*, 2014). Ubi kayu mengandung berbagai nutrisi yaitu protein, lemak, asam amino, karbohidrat serta berbagai vitamin dan mineral. Menurut Restiani, *et al.* (2014) tanaman singkong mudah beradaptasi. Banyak industri dapat mengambil manfaat dari pemanfaatan batang, daun, kulit kayu, dan umbi-umbian. Singkong memiliki nilai energi yang tinggi yaitu 146–157 kkal/ 100 gram dan kandungan karbohidrat yang tinggi yaitu 34–38 gram. Bisa untuk tempat makanan, bahan pembuat tapioka, lem, dan lain-lain.

2.6.3 Kandungan Kulit Singkong

Kulit singkong merupakan limbah dari pengolahan makanan dari umbi singkong dengan kandungan karbon sebesar 59,31% (Mutiara, 2021). Kulit singkong dianggap limbah dan biasanya dibuang dan dibiarkan membusuk (Idris, *et al.*, 2020). Menurut Akhadiarto (2010) kulit singkong memiliki kandungan

karbohidrat yang relatif tinggi dibandingkan dengan kadar karbonnya, menjadikannya sumber energi yang layak untuk hewan. Dengan ketebalan 2-3 mm, kulit singkong mudah dikeluarkan dari umbinya. Kulit singkong yang dihasilkan memiliki berat antara 8 dan 25% dari umbi yang dikupas dan mengandung 50% karbohidrat umbi dalam bentuk karbohidrat. Gambar 2.6 mengilustrasikan pembagian kulit singkong menjadi lapisan luar berwarna coklat, epidermis tipis, dan lapisan dalam berwarna putih, merah muda, dermis sangat tebal (Mutiara, 2021). Data statistik pertanian dalam Akhadiarto (2010) menunjukkan produksi ubi kayu di Indonesia pada tahun 2006 sebesar 19,986 juta ton dan konversi limbah kulit ubi kayu sebesar 1,998 juta ton (10% konversi kulit ubi kayu menjadi ubi kayu). Ketersediaannya dapat dimanfaatkan secara optimal dan kontinyu selama seluruh periode penyimpanan.



Gambar 2.6 Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta* Crantz.)

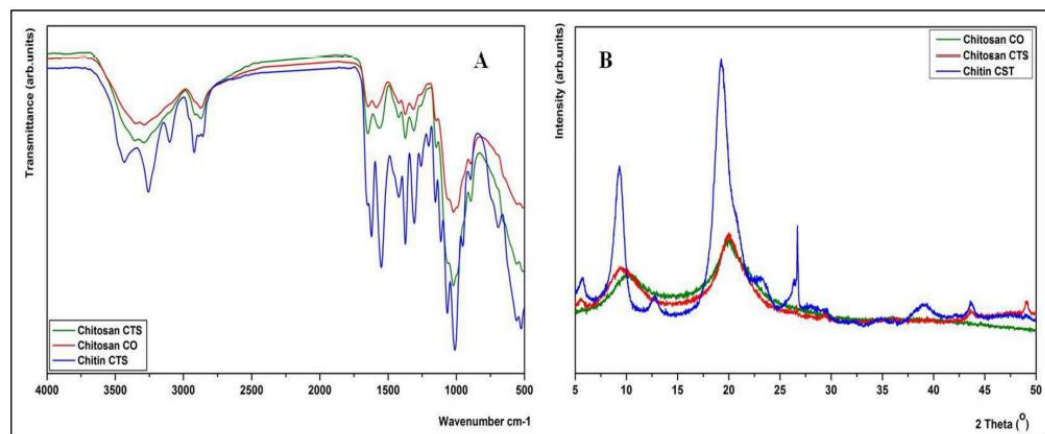
Epidermis umbi singkong terbuat dari bagian dalam putih dan bagian luar agak merah muda. Suharso (2007) mengklaim bahwa limbah kulit singkong merupakan sisa hasil pertanian yang melimpah di berbagai wilayah Indonesia. Kenyataannya kulit singkong ini memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi. Singkong merupakan bahan baku utama yang digunakan dalam penciptaan

sejumlah industri penting, termasuk industri tepung tapioka. Karena ukuran kulit singkong relatif terhadap singkong itu sendiri, harus berhati-hati dalam situasi ini. Untuk mengubah limbah kulit singkong menjadi sesuatu yang lebih bernilai, praktis, dan tidak disia-siakan, diperlukan teknologi. Output umbi tanaman singkong cenderung lebih tinggi dengan semakin banyak ruang yang dimilikinya, yang menghasilkan lebih banyak limbah sekam. Biasanya satu kilogram singkong (Oktora, 2008). Kulit singkong dapat menjadi produk bernilai komersial tinggi, misalnya diolah menjadi tepung moka. Sekitar 20% umbinya terdiri dari kulit singkong, jadi ada 0,2 kg kulit singkong per kilogram singkong. Kulit singkong mengandung sianotoksin lebih banyak daripada daging umbinya, tiga sampai lima kali lebih banyak, tergantung rasa manis atau pahitnya. Dengan rasa manis, konsentrasi hidrogen sianida rendah, dengan rasa pahit, konsentrasi hidrogen sianida lebih tinggi (Salim, 2011).

2.7 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Spektroskopi getaran yang paling banyak digunakan disebut (FTIR). Studi tentang materi dan sifat-sifatnya berdasarkan emisi cahaya, suara, atau partikel, penyerapan, atau refleksi oleh materi dikenal sebagai spektroskopi. Pada tahun 1880-an, spektroskopi inframerah menjadi disiplin ilmu (Zainul, 2021). penyerapan spektrum elektromagnetik infra merah. Peregangan dan pembengkokan ikatan kovalen molekul menghasilkan penyerapan. Panjang gelombang spektrum inframerah adalah 2,5–25 μm (2500–25000 nm), atau 400–400 cm^{-1} . Dibandingkan dengan pendekatan hamburan, FTIR memiliki rasio signal-to-noise yang jauh lebih tinggi. Dalam spektrum inframerah dari energi

yang diserap, panjang gelombang tertentu dapat dilihat yang menunjukkan ikatan kimia molekul. Bilangan gelombang yang digunakan untuk senyawa organik dan senyawa polimer sekitar $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ (Shalini dan Prema, 2012 dalam Rumengan, dkk., 2018). Menurut Rumengan, dkk (2018) dalam karakterisasi kitin didapatkan analisis FTIR akan terdeteksi gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam kitin yaitu gugus fungsi C-H dan C=O. Menurut Elknidri, *et al.* (2019) spektrum FTIR dalam karakterisasi kitin dan kitosan dapat dilihat pada gambar 2.7;



Gambar 2.7 Spektrum FTIR. (A) Pola XRD; (B) Kitin CST, kitosan CTS dan kitosan komersial CO

Analisis spektrofotometer FTIR digunakan untuk mengkarakterisasi kitin dan menentukan derajat deasetilasi. Hasil deteksi FTIR ditampilkan sebagai puncak gugus fungsi pada setiap bilangan gelombang. Rumengan dkk. (2018) mengklaim bahwa struktur molekul kitin mengungkapkan bahwa gugus hidroksil dan gugus karbon kedua telah digantikan oleh asetilamida, yang tercermin dalam hasil spektrum FTIR. Spektroskopi inframerah digunakan untuk menganalisis kitosan yang dihasilkan dan mengidentifikasi gugus fungsinya. Gugus fungsi bahan ditetapkan dengan analisis spektrum IR, dan jelas bahwa bahan kimia yang diteliti dalam penelitian ini. Kitosan adalah salah satu yang diantisipasi.

Perubahan momen dipol penyerapan energi menyebabkan variasi jumlah energi inframerah yang diserap molekul. Menurut Supratman (2010) dalam Rumengan, dkk. (2018), ikatan polar seperti O-H, N-H, dan C=O menginduksi penyerapan yang lebih tinggi daripada ikatan non-polar seperti C-H atau C-C. Nollet (2012) mengklaim bahwa dibandingkan dengan pengukuran titrimetri atau teknik spektroskopi lainnya, pendekatan dasar spektroskopi IR memiliki keunggulan karena cukup cepat, tidak memerlukan sampel murni, dan menentukan tingkat deasetilasi.

Pola kitosan ditunjukkan pada pita absorbansi 3450 cm^{-1} yang sesuai dengan kontribusi -OH dan vibrasi ulur -NH. Penyerapan pita pada 1650 cm^{-1} dan 1380 cm^{-1} sesuai dengan C=O dan peregangan C-O dari kelompok amida masing-masing (El-Mohamedy, 2019). Adanya gugus amina (NH_2) dan hidroksil (OH) pada kitosan membuatnya lebih mudah untuk dimodifikasi secara kimiawi. Ikatan hidrogen antarmolekul atau intramolekul dapat diproduksi melalui gugus amina dan hidroksil. Akibatnya, jaringan hidrogen yang kuat terbentuk, menjadikan kitosan tidak larut dalam air. Kitosan memiliki tiga gugus fungsi yang memudahkan untuk dimodifikasi secara kimia dan diubah menjadi turunannya: gugus hidroksil primer pada posisi C-6, gugus hidroksil sekunder pada posisi C-3, dan gugus amino pada posisi C-2. Gugus amino kitosan adalah polielektrolit kationik yang sangat jarang dan basa (pK_a 6,5) (Rumengan, dkk., 2018).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental yang didapatkan dari ekstraksi kitosan menggunakan substrat kulit singkong (*Manihot esculenta* Crantz.) dalam fermentasi cair. Ekstraksi kitosan dilakukan pada isolat fungi *Rhizopus oryzae* yang ditumbuhkan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dan diberi sumber karbon dengan variasi konsentrasi 0%, 80% dan 100% dan tiga kali ulangan. Hasil yang didapatkan selanjutnya dilakukan karakterisasi berdasarkan analisis nilai derajat deasetilasi menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan Maret sampai Mei 2023 yang dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran dan Ilmu-ilmu Kesehatan, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengambilan limbah kulit singkong dilakukan pada industri pengolahan keripik singkong produksi keripik singkong “Lumba-lumba”, Turen, Kab.Malang, Jawa Timur. Uji karakterisasi derajat deasetilasi kitosan menggunakan FTIR dilakukan di Laboratorium Farmasi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian meliputi *beaker glass* (*Iwaki*) 500 ml dan 1000 ml, erlenmeyer (*Iwaki*) 100 ml, 250 ml, 500 ml dan 1000

ml, gelas ukur (*Iwaki*) 10 ml, pipet tetes, timbangan analitik (*Sartorius*), sentrifuge, kertas saring (Whatman No.1), tabung *eppendorf*, ayakan atau saringan, inkubator, oven, blender, pinset, mortar dan alu, autoklaf, mikropipet, cawan petri, jarum ose, spatula, batang pengaduk, *hotplate*, *cover glass*, blue tip, *magnetic stirrer*, kuas, kapas, kain kasa, botol spray, aluminium foil, *plastic wrap*, plastik, kertas, nampan, corong gelas, botol jar 300 ml, *cent tube* 15 ml, blender, vortex, pH Jhonson, *Laminar Air Flow* (LAF), bunsen, korek, *shaker inkubator*, mikroskop dan FTIR.

3.3.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain yaitu kulit singkong (*Manihot esculenta* L.), media PDA (*Potato Dextrose Agar*), media PDB (*Potato Dextrose Broth*), isolat fungi *Rhizopus oryzae*, aquades, aquades steril, NaOH, K_2HPO_4 , C_3H_6O , CH_3COOH , KH_2PO_4 , NH_4NO_3 , spiritus, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, ethanol dan larutan tween 80.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi alat dan bahan dilakukan agar bersih dan terhindar dari kontaminasi mikroorganisme yang tidak diinginkan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam sterilisasi yaitu, dibersihkan alat-alat dengan cara dicuci bersih dan dikeringkan. Alat-alat yang telah kering dibungkus menggunakan kertas, untuk alat yang terbuat dari bahan logam dibungkus menggunakan aluminium foil. Selanjutnya dimasukkan ke dalam plastik dan diikat untuk dilakukan sterilisasi alat dan bahan dengan dimasukkan ke dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15

sampai 20 menit.

3.4.2 Pembuatan Media

3.4.2.1 *Potato Dextrose Agar (PDA)*

Media PDA dibuat dengan cara ditimbang PDA instan sebanyak 39 gram dan disiapkan 1000 ml aquades pada tabung erlenmeyer, kemudian dilarutkan. Dipanaskan media PDA pada *hot plate* menggunakan *magnetic stirrer* sampai homogen. Apabila telah homogen, suhu larutan media didinginkan sampai sekitar 36-37 °C dan diukur pH optimal sekitar (4,5-5,5). Menurut Jamilatun, *et al.* (2020) tabung erlenmeyer ditutup rapat dan disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit dengan tekanan 2 atm. Setelah proses sterilisasi selesai, larutan media ditambahkan kloramfenikol 20 ml dan dituangkan ke cawan petri secara aseptis di dalam LAF dan dibiarkan memadat.

3.4.2.2 *Potato Dextrose Broth (PDB)*

Pembuatan media PDB dilakukan dengan melarutkan 24 gram PDB instan ke dalam 1000 ml aquades. Kemudian dilakukan sterilisasi menggunakan autoklaf dengan suhu 121 °C tekanan 2 atm selama 15 menit (Hasyiyati, *et al.*, 2017).

3.4.3 Peremajaan Isolat Fungi *Rhizopus oryzae* dan Pemanenan Konidia

Perbanyak miselium fungi *Rhizopus oryzae* dimulai dengan memotong isolat fungi *Rhizopus oryzae* pada media PDA yang sudah ditambahkan kloramfenikol. Isolat fungi diambil dan diletakkan pada cawan petri dengan ukuran 0,5-1 cm menggunakan jarum *ose*, selanjutnya isolat fungi diletakkan pada

media PDA dan diinkubasi pada suhu ruang selama 5 hari (Aodiyah, 2019). Setelah peremajaan diambil salah satu isolat fungi untuk pembuatan suspensi spora sebagai inokulum untuk substrat padat yaitu kulit singkong.

Kultur fungi *Rhizopus oryzae* yang berusia 5 hari yang ditanam pada media PDA dalam cawan petri digunakan untuk menyiapkan suspensi spora untuk menginokulasikan media fermentasi. Pembuatan suspensi spora dengan ditambahkan larutan tween 80 steril sebanyak 2 tetes dan ditambahkan aquades steril secukupnya dituangkan ke dalam media PDA dalam cawan petri yang sudah disiapkan, kemudian spora dikorek menggunakan kuas hingga spora terlepas dan dituangkan ke dalam tabung eppendorf steril. Kemudian suspensi spora dihomogenisasi dengan menggunakan vortex selama 5 menit.

3.4.4 Preparasi Substrat Cair

Persiapan substrat untuk fermentasi cair diawali dengan ekstraksi kulit singkong yaitu diawali dengan kulit singkong dicuci bersih menggunakan air mengalir kemudian ditimbang sebesar 500 gram. Selanjutnya dihaluskan menggunakan blender dengan menambahkan aquades 250 mL untuk mempermudah penghancuran kulit singkong. Selanjutnya kulit singkong yang telah menjadi bubur disaring menggunakan kain kassa dan sari kulit singkong dimasukkan ke dalam *beaker glass* 1000 mL.

3.4.5 Fermentasi Cair atau *Submerged Fermentation* (SmF)

Media fermentasi cair diinokulasikan dengan ditambahkan suspensi spora ke dalam labu erlenmeyer dengan variasi konsentrasi 0%, 80% dan 100% dihitung

menggunakan rumus, kemudian ditambahkan ke 20 ml larutan garam mineral yang terdiri dari 1 gram K_2HPO_4 , 1 gram KH_2PO_4 , 0.1 gram $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ dan 3 gram NH_4NO_3 campuran tersebut diaduk hingga homogen dan disterilisasi dalam autoklaf pada suhu $121^\circ C$ dengan tekanan 2 atm selama 20 menit. Kemudian media didinginkan pada suhu ruang dalam *Laminar Air Flow* (LAF). Berat kering biomassa didapatkan dari hasil setiap labu erlenmeyer yang diinkubasi dalam *shaker incubator* pada suhu $30^\circ C$ kecepatan 150 rpm selama 96 jam (4 hari). Massa sel miselium yang diperoleh dipisahkan dengan filter vakum menggunakan kertas saring Whatman No.1 dan massa yang dipisahkan dikeringkan dalam oven pada suhu $65^\circ C$ sampai berat konstan. Menurut Islami, Hafiz (2018) berat kering biomassa miselium fungi dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$M = M1 - M0$$

Keterangan:

- M = Massa miselium *Rhizopus oryzae* (g/ml)
- M1 = Berat aluminium foil + miselium *Rhizopus oryzae* (g)
- M0 = Berat aluminium foil kosong (g)

3.4.6 Ekstraksi Kitosan

Ekstraksi kitosan menggunakan metode Rane & Hoover (1993) dan Crestini, *et al.* (1996) dengan modifikasi Citrowati, *et al.* (2017). Setelah kultur, miselia fungi yang telah kering dihaluskan dengan cara ditumbuk dan dipindahkan ke tabung *ependorf* steril. Selanjutnya disuspensikan dengan 55% NaOH (1:20 w/v). Tahap selanjutnya dilakukan sterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu $100^\circ C$ selama 60 menit. Untuk mendapatkan fraksi yang tidak larut alkali, dilakukan sentrifugasi pada kecepatan 4500 rpm selama 25 menit dan dicuci menggunakan aquades untuk mendapatkan pH yang netral (pH 7). Selanjutnya,

yaitu residu ditambahkan asam asetat 2% (1:40 b/v) dan dikeringkan pada suhu 95 °C selama 8 jam. Dilakukan sentrifugasi kembali pada kecepatan 4500 rpm selama 25 menit untuk menghilangkan komponen asam yang tidak larut. Supernatan yang didapatkan dikondisikan pada pH 10-12 dengan menambahkan 55% NaOH dan disentrifugasi kembali pada 4500 rpm selama 20 menit. Supernatan yang telah mengandung kitosan, atau kitosan yang diendapkan dicuci sampai menunjukkan pH netral menggunakan 52 ml aquades, 40 ml ethanol 95% dan 40 ml aseton, selanjutnya dikeringkan pada suhu 60 °C selama 24 jam sampai didapatkan berat yang konstan.

3.4.7 Karakterisasi Derajat Deasetilasi Kitosan Menggunakan FTIR (Fourier Transform Infra-Red)

Pengamatan karakterisasi menggunakan FTIR yakni untuk pengamatan nilai derajat deasetilasi. Derajat deasetilasi adalah salah satu bentuk analisis kitosan secara kuantitatif dan persentase derajat deasetilasi kitosan yang terbentuk pada tahap ekstraksi dapat diketahui (Setha, *et al.*, 2019). Pengamatan derajat deasetilasi sampel dilakukan dengan dihaluskan 2 mg sampel kemudian selanjutnya ditambahkan 100 mg KBr untuk dijadikan pelet dengan menggunakan pencetak vakum. Pelet yang didapatkan kemudian dikenai dengan sinar infra merah pada gelombang 4000-400 cm^{-1} . Selanjutnya penghilangan latar belakang absorpsi dengan menggunakan metode cakram KBr dijadikan satu pada tiap pengukuran (Amin, *et al.*, 2020). Nilai derajat deasetilasi dapat diketahui dengan melakukan analisis menggunakan metode *baseline* pada hasil FTIR, yaitu untuk perhitungan persentase dan derajat deasetilasi dilakukan pada nilai absorbansi di

panjang gelombang 1655 cm^{-1} dan 3450 cm^{-1} (Ayyubi *et al.*, 2022).

$$\% DD = \left[100 - \left(\frac{A_{1665}}{A_{3450}} \right) \times \frac{100}{1,33} \right]$$

Keterangan:

DD : Derajat deasetilasi

A_{1665} : Absorbansi pita karbonil amida di sekitar $A_{1665} \text{ cm}^{-1}$

A_{3450} : Absorbansi pita hidroksi di sekitar $A_{3450} \text{ cm}^{-1}$

1,33 : Rasio absorbansi untuk kitin yang terdeasetilasi sempurna

3.5 Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif dan statistik. Analisis hasil data derajat deasetilasi (DD) yang disajikan dalam bentuk grafik dan deskripsi. Data dari hasil analisis pengaruh variasi konsentrasi substrat sumber karbon yang dihasilkan dari kulit singkong terhadap produksi kitosan fungi *Rhizopus oryzae* serta dianalisis menggunakan statistika yaitu uji normalitas dan homogenitas, apabila terdapat perbedaan nyata, maka dilanjutkan dengan statistik parametrik *ANOVA* dan apabila tidak terdapat perbedaan nyata, maka dilanjutkan dengan statistik non parametrik *Kruskall-Wallis* menggunakan *software SPSS* versi 26.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Penambahan Substrat Kulit Singkong Terhadap Biomassa Fungi *Rhizopus oryzae*

Penelitian hasil produksi kitosan fungi *Rhizopus oryzae* menggunakan media ekstrak kulit singkong (*Manihot esculenta* Crantz.) ditunjukkan pada (Tabel 4.1) yang menunjukkan bahwa kitosan fungi *Rhizopus oryzae* pada metode *Submerged Fermentation* (SmF) dilakukan guna mengamati berat kering biomassa menggunakan variasi konsentrasi yang bertujuan dalam ekstraksi kitosan mendapatkan biomassa yang optimal. Penelitian ini dilakukan sebanyak tiga kali ulangan (Lampiran 5) dan untuk hasil ekstraksi kitosan didapatkan berat kering biomassa kitosan yang dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Berat kering biomassa kitosan fungi *Rhizopus oryzae*

Perlakuan	Berat Kering Biomassa (g/ml)
K (Substrat kulit singkong 0 ml + 100 ml larutan PDB)	1,2 a
P1 (Substrat kulit singkong 80 ml + 20 ml larutan garam mineral)	3,87 b
P2 (Substrat kulit singkong 100 ml + 0 ml larutan garam mineral)	4,85 b

Keterangan: K (Kontrol), P1 (80 %) dan P2 (100 %). Notasi yang ditunjukkan dengan huruf *superscript* pada grafik menunjukkan perbandingan antar konsentrasi memiliki perbedaan yang nyata ($P < 0,05$). Notasi a = berbeda nyata antara perlakuan 0% dengan perlakuan lain, notasi b = hasil uji 80% dan 100% tidak berbeda nyata.

Berdasarkan hasil berat kering biomassa kitosan fungi *Rhizopus oryzae* (Tabel 4.1) diketahui bahwa pada konsentrasi 0% mendapatkan hasil sebesar 1,2 g/ml, konsentrasi 80% mendapatkan hasil sebesar 3,87 g/ml dan 100% mendapatkan hasil 4,85 g/ml. Konsentrasi 0% sebagai kontrol dengan

menggunakan media *Potato Dextrose Broth* (PDB) yang digunakan sebagai media pertumbuhan fungi yang mengandung glukosa dan pati. PDB digunakan sebagai sumber karbon dalam produksi kitosan. Hasil penelitian kitosan fungi dengan menggunakan metode fermentasi cair (*Submerged fermentation* atau SmF) guna mengamati jumlah biomassa kering dengan variasi konsentrasi yang bertujuan mendapatkan biomassa yang optimal. Sebagaimana hasil biomassa yang lebih tinggi akan memberikan hasil kitosan yang lebih tinggi juga. Biomassa kitosan meningkat dapat dihasilkan karena nutrisi sumber karbon yang terkandung dalam kulit singkong yang banyak akan protein sebagai media pertumbuhan fungi. Menurut Putri dan Siti (2021) sumber karbon dalam kulit singkong meliputi 2,45% protein, 0,73% serat kasar, 0,83% lemak kasar dan 29,13% karbohidrat. Hal tersebut juga dijelaskan oleh Mutiara (2021) bahwa kulit singkong merupakan salah satu limbah dari pengolahan makanan umbi singkong dengan kandungan karbon sebesar 59,31%.

Produksi kitosan dipengaruhi dari nutrisi sumber karbon dan sumber nitrogen sebagai media pertumbuhan fungi (Irbe, *et al.*, 2023). Selain sumber karbon yang didapatkan dari kulit singkong, nutrisi lainnya didapatkan dari hasil penambahan larutan garam mineral yang mengandung K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ serta amonium nitrat. Penambahan larutan garam mineral tersebut bertujuan untuk mengatur aktivitas enzim yang dapat mengaktifkan atau menghambat reaksi biokimia, menghubungkan dengan zat yang bereaksi dalam substrat atau dengan enzim (Gamage, *et al.*, 2023) dengan adanya media pertumbuhan fungi pada produksi kitosan yang dilengkapi dengan mineral, maka akan memberikan hasil kitosan yang tinggi (Amorim, *et al.*, 2022). Menurut

Elsoud & Kdy (2019) menjelaskan bahwa peningkatan pertumbuhan miselium fungi dan produktivitas biopolimer dapat dilakukan dengan menambahkan sumber nutrisi tambahan pada media fermentasi.

Penelitian sebelumnya mengungkapkan pengaruh metode *Submerged Fermentation* (SmF) dengan variasi konsentrasi kitosan fungi dari berbagai jenis fungi, menurut penelitian Amorim, *et al.* (2011) terhadap kitosan dari dua spesies fungi, *Mucor racemosus* dan *Aspergillus niger*, pertumbuhan biomassa bergantung pada berbagai kondisi lingkungan, antara lain suhu dan kelembaban relatif. Selain itu, strain fungi dan media kultur memiliki dampak yang signifikan terhadap jumlah biomassa. Pada hari kelima penanaman pada media *Potato Dextrose Broth*, dua strain *Aspergillus niger* yang berbeda menghasilkan biomassa maksimum 19,8 g/L dan 17,3 g/L. *Sabouro Dextrose Broth* digunakan oleh Maghsoodi, *et al.*, (2022) yang menghasilkan biomassa pada hari keenam sebesar 5,60 g/L. Menurut Habibi, *et al.* (2020) pada produksi kitosan fungi *A. terreus* dengan penambahan 3 g/L sumber nitrogen (amonium nitrat) dari substrat ampas apel berdasarkan waktu fermentasi didapatkan jumlah biomassa pada 24 jam sebesar 12 g/L, 48 jam sebesar 17 g/L, 72 jam sebesar 19 g/L, 96 jam sebesar 21 g/L dan 120 jam biomassa yang dihasilkan sebesar 23 g/L. Berdasarkan hasil penelitian Maghsoodi, *et al.* (2022) sebanding dengan temuan penelitian saat ini jumlah biomassa maksimum 4,75 g/L sampai 4,8 g/L.

Hasil pemberian substrat kulit singkong dan didapatkan berat kering biomassa pada variasi konsentrasi selanjutnya dilakukan analisis menggunakan *software* SPSS versi 26.0 diketahui bahwasanya data tersebut telah diuji normalitas dan homogenitasnya untuk mengetahui perbedaan diantara perlakuan

0%, 80% dan 100 %. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa dari pemberian variasi konsentrasi substrat kulit singkong 0%, 80% dan 100% menghasilkan uji normalitas dan uji homogenitas $>0,05$ (Lampiran 5), sehingga dilanjutkan dengan uji parametrik *ANOVA*. Hasil uji *ANOVA* didapatkan $<0,05$ maka terjadi perbedaan nyata antara konsentrasi 0% sedangkan pada perlakuan 80% dan 100% tidak terdapat perbedaan nyata (Lampiran 5), dan apabila terdapat tidak ada perbedaan nyata maka dilanjutkan menggunakan uji non parametrik yaitu menggunakan software SPSS versi 26 uji *Kruskal-Wallis* (Lampiran 5) dengan taraf kepercayaan 5% dan didapatkan hasil $>0,05$, sehingga dapat diketahui bahwa dari variasi konsentrasi substrat kulit singkong terhadap produksi kitosan fungi *Rhizopus oryzae* terdapat perbedaan nyata antara konsentrasi 0%, sedangkan dengan konsentrasi tidak terdapat perbedaan nyata antara konsentrasi 80% dan 100% dengan *Asimp.sig* $<0,05$. Kualitas dan kuantitas kitosan di dinding sel fungi dapat berubah karena kondisi lingkungan dan nutrisi dan karakteristik yang melekat pada spesies tersebut (Ruiz Herrera, 2012).

Hasil penelitian berat kering biomassa fungi *Rhizopus oryzae* diketahui bahwa kebutuhan larutan garam mineral yang mengandung sumber karbon dan sumber nitrogen dalam metode SmF sangat memengaruhi hasil berat kering biomassa (Lampiran 3). Larutan garam mineral yang berperan sebagai sumber nitrogen pada penelitian ini salah satunya adalah amonium nitrat (NH_4NO_3). Amonium nitrat merupakan sumber nitrogen yang memberikan pengaruh yang paling besar terhadap pertumbuhan kitosan *Rhizopus oryzae* dan peningkatan biomassa dibandingkan dengan eksperimen tanpa sumber nitrogen. Hal ini sesuai dengan penelitian Habibi, *et al.* (2020) bahwa pengaruh penambahan sumber

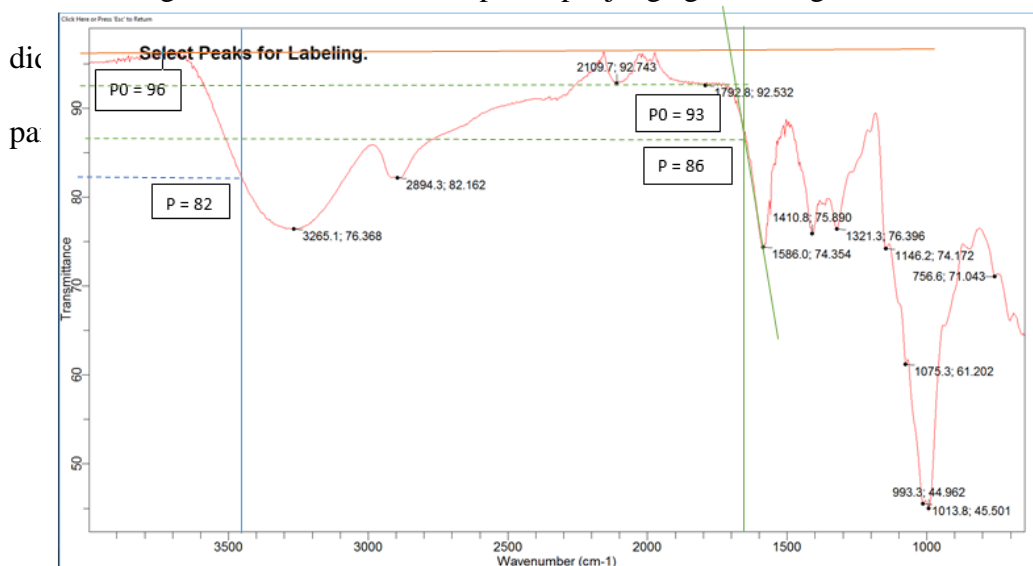
nitrogen tambahan pada pertumbuhan dari *A. terreus* pada penambahan pepton didapatkan biomassa sebesar 18 g/L, penambahan ekstrak yeast didapatkan biomassa sebesar 25 g/L, penambahan amonium nitrat didapatkan biomassa sebesar 30 g/L dan penambahan amonium sulfat didapatkan biomassa sebesar 21 g/L. Proses fermentasi meliputi suhu, pH awal dan konsentrasi nitrogen sumber (amonium nitrat) atau sumber nitrogen lain seperti amonium sulfat, ekstrak ragi dan pepton dapat ditingkatkan pertumbuhan mikroorganisme jamur.

Sumber nitrogen merupakan faktor pembatas ketika ekstrak kulit singkong digunakan sebagai substrat tunggal (Habibi, *et al.*, 2020). Hasil penelitian terjadi karena efek dari kondisi budidaya fungi seperti oksigen, suhu dan komponen kandungannya seperti sumber karbon, sumber nitrogen dan bahan organik kompleks (El-Enshasy, 2017). Abasian, *et al.* (2020) juga mengatakan meningkatkan komponen dinding sel kitinase, yang mengarah ke rendemen produk kitosan dapat ditingkatkan dengan mengatur rasio pakan karbon, nitrogen atau peningkatan suhu selama inkubasi. Sumber nitrogen ditentukan mengidentifikasi dan mengkarakterisasi biopolimer yang diisolasi. Secara struktural dan fungsional, nitrogen terlibat dalam pengoperasian fungsi seluler sebagai nitrogen amino organik dalam protein dan enzim (Walker, 2017). Tan, *et al.*, (2022) dalam penelitiannya menggunakan strain yang berbeda untuk *Rhizopus oryzae*, menghasilkan 7,14 g/L massa miselia menggunakan metode kultur dan metode ekstraksi kitosan. Efek media pada produksi kitosan yaitu jumlah glukosa dan protein yang besar, kemudian dilengkapi dengan mineral dapat memberikan hasil kitosan yang tinggi (Amorim, *et al.*, 2011). Media alternatif dilakukan oleh Hang (2023) dengan miselium *Rhizopus oryzae*

menggunakan limbah beras dan jagung sebagai sumber karbon menghasilkan 601 mg/L kitosan yang dapat diekstraksi selama 48 jam.

4.2 Derajat Deasetilasi Kitosan Fungi *Rhizopus oryzae* berdasarkan Variasi Konsentrasi Substrat Kulit Singkong

Hasil penelitian karakteristik kitosan fungi *Rhizopus oryzae* dengan menggunakan substrat kulit singkong berdasarkan nilai derajat deasetilasi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). FTIR merupakan teknik yang banyak digunakan untuk mengkarakterisasi bahan organik (termasuk polimer) dan senyawa organik. Indikasi adanya kitosan dengan nilai derajat deasetilasi (DD) dapat diketahui dari nilai absorbansi nilai gelombang 1655 (gugus amida) dan nilai gelombang 3450 (gugus karboksil). Hasil penelitian yang diperoleh kitosan fungi *Rhizopus oryzae* menggunakan substrat kulit singkong dihitung berdasarkan rumus metode Ayyubi, *et al.* (2022) dengan membandingkan nilai absorbansi pada panjang gelombang A_{1655} dan A_{3450}



Gambar 4.1. Spektrum FTIR Derajat Deasetilasi Kitosan Fungi *Rhizopus oryzae*

Pola kitosan ditunjukkan pada pita absorbansi 3450 cm^{-1} yang sesuai dengan kontribusi -OH dan vibrasi ulur -NH. Penyerapan pita pada 1650 cm^{-1} dan 1380 cm^{-1} sesuai dengan C=O dan peregangan C-O dari kelompok amida masing-masing (El-Mohamedy, 2019). Kitosan fungi *Rhizopus oryzae* yang telah disintesis dilakukan uji FTIR, dari hasil uji FTIR diperoleh nilai derajat deasetilasi yang memiliki serapan pada bilangan gelombang 3265 cm^{-1} , 2894 cm^{-1} , 2109 cm^{-1} , 1792 cm^{-1} , 1586 cm^{-1} , 1410 cm^{-1} , 1321 cm^{-1} , 1146 cm^{-1} , 1075 cm^{-1} , 993 cm^{-1} , 1013 cm^{-1} dan 756 cm^{-1} . Serapan tersebut menunjukkan bahwa adanya gugus fungsi amida, gugus fungsi tersebut mengindikasikan bahwa derajat deasetilasi yang disintesis mengandung kitosan. Kitosan yang terbuat dari bahan dasar fungi dilakukan uji FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang ada dalam derajat deasetilasi yang disintesis (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Gugus fungsional yang terdapat pada kitosan

Senyawa gugus fungsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})
- NH ₂ (amida)	$3265,1\text{ cm}^{-1}$
- CH ₃ (metil)	$2894,3\text{ cm}^{-1}$
C=C (alkuna)	$2109,7\text{ cm}^{-1}$
C=O (anhidrida)	$1792,8\text{ cm}^{-1}$
NH ₂ (amida)	$1586,0\text{ cm}^{-1}$
C-N (amida)	$1410,8\text{ cm}^{-1}$
Fluor	$1321,3\text{ cm}^{-1}$
C-O (lactones)	$1146,2\text{ cm}^{-1}$
CH=CH ₂ (vinyl compounds)	$1075,3\text{ cm}^{-1}$
CH=CH ₂ (vinyl compounds)	$993,3\text{ cm}^{-1}$

CH-O-H (alkohol primer)	1013,8 cm ⁻¹
<hr/>	
C-Cl (klorida)	756,6 cm ⁻¹

Spektroskopi IR dianggap sebagai teknik yang cepat dan universal digunakan untuk evaluasi kualitatif dan kuantitatif dari sifat kitin dan kitosan khususnya gugus fungsi dan derajat deasetilasi (Baxter, *et al.*, 1992). Derajat deasetilasi (DD) dapat diketahui dari nilai absorbansi pada nilai gelombang sekitar 1655, yaitu gugus amida berbentuk ikatan C=O dan pada panjang gelombang 3450 merupakan gugus karboksil menunjukkan adanya kitosan. Hasil penelitian ini kitosan yang diperoleh dari *Rhizopus oryzae* menggunakan substrat pada medium limbah kulit kentang dihitung berdasarkan rumus metode baseline Domszy dan Roberts dengan cara membandingkan nilai absorbansi pada panjang gelombang A_{1655} dan panjang gelombang A_{3450} . Hasil penelitian ini menunjukkan nilai derajat deasetilasi sebesar 62,41%. Hasil tersebut sesuai menurut Ritongan, dkk (2021) diklasifikasikan sebagai kitin ketika derajat deasetilasi kurang dari 60%, dan ketika derajat deasetilasi lebih dari 60% diklasifikasikan sebagai kitosan. Semakin tinggi nilai derajat deasetilasi maka semakin banyak gugus amina (-NH₂) pada molekul kitosan, sehingga kitosan semakin reaktif (Aranaz, *et al.*, 2021).

Rentang nilai derajat deasetilasi terbagi menjadi 3 bagian yaitu rendah di bawah 70% tidak larut sempurna dalam air. Nilai derajat deasetilasi tengah berkisar 70-85% dan sebagian dapat larut dalam air. Nilai derajat deasetilasi tinggi berkisar 85-95% dapat larut dalam air dengan baik, sedangkan nilai derajat deasetilasi yang berkisar 95%-100% merupakan nilai yang sangat tinggi, sulit untuk dicapai dan jarang terjadi dalam produksi (Erdogmus *et al.*, 2023). Menurut

pernyataan Ernawati (2018) bahwa kualitas kitosan ditentukan berdasarkan derajat deasetilasinya sehingga dapat dibagi menjadi empat kriteria yang lebih kecil dari 80%, antara 80%-85%, antara 85%-90% dan di atas 90%. Tingginya nilai derajat deasetilasi umumnya dalam sebuah penelitian untuk kitosan dari fungi sekitar 85% dan 95% untuk *Ganoderma lucidum*, 66,35% untuk *A.bisporus*, 70% dan 74% untuk *B.bovinus* dan *L.laccaria* (Alimi, *et al.*, 2023).

Kitin berbeda dari kitosan dalam derajat deasetilasinya. Pola kitosan ditunjukkan pada pita absorbansi 3450 cm^{-1} yang sesuai dengan kontribusi -OH dan cibrasi ulur -NH. Penyerapan pita pada 1650 cm^{-1} dan 1380 cm^{-1} sesuai dengan C=O dan peregangan C-O dari kelompok amida masing-masing (El-Mohamedy, 2019). Jika nilai kelas lebih dari 50% deasetilasi, produk dapat disebut kitosan (Kulka & Sionkowska, 2023). Salah satu sifat kitosan ditentukan oleh sifat fisiko-kimia, seperti jumlah gugus amina yang dibebaskan (-NH₂). Gugus asetil (-COCH₃) atau deasetilasi mempengaruhi aplikasi kitosan dan efektivitasnya. Secara umum, kitosan memiliki tingkat deasetilasi yang tinggi itu memiliki sifat biologis yang lebih baik daripada tingkat deasetilasi sangat rendah. Derajat deasetilasi yang rendah menunjukkan bahwa jumlah gugus asetil yang dilepaskan dalam deasetilasi sedikit dan oleh karena itu masih banyak gugus asetilen yang terkandung dalam kitosan menunjukkan bahwa kitosan tidak murni dan seragam dalam bentuk kitin. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rokhati (2006) bahwa gugus asetil yang rendah kitosan, memiliki tingkat deasetilasi dan kitosan yang tinggi murni, semakin kuat ikatan antara ion positif dan hidrogen dalam kitosan berinteraksi dengan asam asetat. Selain itu, gugus amina mengandung kitosan memiliki efek antimikroba dengan afinitas pertempuran yang kuat untuk

melawan mikroba bermuatan negatif.

4.3 Kajian Keislaman

Hasil penelitian yang berjudul “Pengaruh Variasi Konsentrasi Substrat Kulit Singkong terhadap Biomassa Kitosan Fungi *Rhizopus oryzae*” dapat diketahui bahwa kitosan fungi *Rhizopus oryzae* merupakan salah satu penelitian yang masih sedikit dilakukan oleh peneliti saintis, dimana kitosan fungi ini mempunyai banyak manfaat. Kitosan fungi ini lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan kitosan komersial yang biasanya didapatkan dari kulit udang atau kelompok *crustacea* yang lainnya. Seperti yang kita ketahui bahwa kitosan merupakan salah satu ciptaan Allah Swt. yang didapatkan dari beberapa proses untuk mendapatkan hasil yang bagus dan optimal, maka Allah Swt. memberikan kemudahan untuk produksi kitosan selain dari kelompok *crustace* juga bisa didapatkan dari kelompok fungi. Fungi juga memiliki potensi dalam produksi kitosan. Dengan ukuran fungi yang lebih kecil daripada kelompok *crustacea* membuktikan bahwa Allah swt. juga menciptakan segala sesuatu menurut ukuran dan juga bermanfaat bagi makhluk-Nya, sebagaimana firman Allah Swt. dalam Q.S. Al-Qamar (54): 49;

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ ٤٩

Artinya: “*Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu sesuai dengan ukuran.*”

Shihab (1997) menjelaskan bahwa kata Al-qadr, yang berarti menetapkan aturan dan standar dalam bahasa Arab, adalah akar dari kata "qadar". Definisi “qadar” menyatakan bahwa ia adalah syarat atau ketentuan bagi segala sesuatu

yang berhubungan dengan makhluk-Nya, baik yang telah terjadi, sedang terjadi, maupun yang akan terjadi di masa yang akan datang. Segala sesuatu di alam semesta ini terjadi karena Allah SWT, sebagaimana tersirat dalam ungkapan segala sesuatu menurut ukuran. Produksi kitosan fungi juga perlu adanya karakterisasi untuk mengetahui seberapa optimalnya pemberian substrat kulit singkong dengan variasi konsentrasi 0%, 80% dan 100% dapat menghasilkan produksi kitosan, salah satunya karakterisasi derajat deasetilasi menggunakan FTIR. Sesuai hasil penelitian yang sudah dilaksanakan peneliti mendapatkan hasil bahwasanya produksi kitosan fungi *Rhizopus oryzae* menggunakan substrat kulit singkong yang menghasilkan nilai derajat deasetilasi yang sesuai dan optimal yaitu pada perlakuan konsentrasi. Hal tersebut dapat memberikan informasi bahwasanya ketiga perlakuan yang digunakan sebagai perbandingan optimalisasi kitosan fungi *Rhizopus oryzae* menggunakan substrat kulit singkong.

Penggunaan substrat kulit singkong (*Manihot esculenta* Crantz.) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap produksi kitosan fungi *Rhizopus oryzae* yang ditunjukkan dengan hasil berat biomassa kitosan fungi *Rhizopus oryzae*. Hal ini membuktikan bahwa kulit singkong yang dianggap sampah masih dapat digunakan bagi manusia. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang sudah dilakukan bahwa kenyataannya kulit singkong dapat dimanfaatkan sebagai substrat produksi kitosan fungi. Allah Swt. menciptakan alam dan isinya mempunyai hikmah yang sangat besar yaitu tidak ada ciptaan Allah swt. yang sia-sia, sebagaimana terdapat pada Q.S. Ali-Imran (3): 190-191;

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ۚ ۱۹۰ الَّذِينَ
يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ
هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ۚ ۱۹۱

Artinya: “190. Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi serta

pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, 191. (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia. Maha Suci Engkau. Lindungilah kami dari azab neraka.”

Menurut pengertian al-misbah (2007), “Ulul Albab” mengacu pada orang yang memiliki kemampuan berpikir tajam yang mampu melahirkan ide-ide orisinal. Dengan kemampuan bernalar, seseorang dapat menarik pelajaran baik dari Alkitab maupun alam. Orang-orang ini memiliki kecerdasan untuk mempelajari setiap aspek ciptaan Tuhan. Segala sesuatu di alam semesta tidak diciptakan dengan sia-sia oleh Allah SWT. Tidak ada apapun di alam semesta yang tidak berguna. seperti tumbuhan yang berkhasiat dan bermanfaat bagi manusia dan hewan lainnya, diantara makhluk hidup lainnya.

Penggunaan berbagai bukti dan pengetahuan yang semakin maju, informasi baru mulai muncul, seperti pemanfaatan tumbuhan sebagai media pembuatan kitosan. Perkembangan permukaan bumi dan munculnya organisme hidup primitif seperti fungi, yang kemudian memunculkan organisme hidup yang lebih kompleks, diperkirakan terjadi jutaan tahun yang lalu, yang menjadi landasan bagi perkembangan makhluk hidup dan lingkungannya. Akibatnya, kitab suci Al-Qur’an menunjukkan bahwa Allah membuat ketentuan bagi umat manusia untuk hidup di Bumi dengan semua yang mereka perlukan untuk memelihara keturunan dan cucu Adam, seperti halnya penelitian pengaruh variasi konsentrasi substrat kulit singkong terhadap nilai derajat deasetilasi kitosan fungi *Rhizopus oryzae* ini.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh variasi konsentrasi substrat kulit singkong menggunakan metode fermentasi cair (SmF) terhadap biomassa kitosan fungi *Rhizopus oryzae* adalah adanya peningkatan biomassa kitosan yang dihasilkan dari konsentrasi 0% sebesar 1,2 g/ml, konsentrasi 80% sebesar 3,87 g/ml dan konsentrasi 100% sebesar 4,52 g/ml serta terdapat perbedaan nyata atau signifikan antara variasi konsentrasi substrat kulit singkong terhadap biomassa kitosan fungi dengan nilai signifikan $>0,05$.
2. Derajat deasetilasi (DD) yang dihasilkan dari variasi konsentrasi substrat kulit singkong menggunakan fermentasi cair terhadap kitosan fungi *Rhizopus oryzae* berdasarkan analisis FTIR sebesar 62,41%.

5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah adanya modifikasi konsentrasi, larutan garam mineral dan NaOH dalam optimalisasi tahapan ekstraksi kitosan untuk meningkatkan derajat deasetilasi kitosan fungi yang akan memengaruhi keefektifitasannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abourehab, M.A.S., Sheersha, Pramanik., Mohamed, A.A., Bassam, M.A., Ammar, Kadi., Mohammad, J.A., & A. Deepak. (2022). Recent Advances of Chitosan Formulations in Biomedical Applications. *International Journal of Molecular Sciences*. 23: 1-45.
- Ade, F.Y. (2013). Isolasi dan Identifikasi Jamur-Jamur Pendegradasi Amilosa pada Empelur Tanaman Sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.). *Jurnal Ilmiah Edu Research*. 2(1): 27-34.
- Akhadiarto, Sindu. (2010). Pengaruh Pemanfaatan limbah Kulit Singkong Dalam Pembuatan Pelet Ransum Unggas. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 11(1): 127-138.
- Akila, R. M. (2014). Fermentative Production of Fungal Chitosan, a Versatile Biopolymer (Perspectives and Its Applications). *Advances in Applied Science Research*. 5(4): 157–170.
- Alimi, B. A., Pathania, S., Wilson, J., Duffy, B., & Frias, J. M. C. (2023). Extraction, quantification, characterization, and application in food packaging of chitin and chitosan from mushroom: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124195.
- Amorim, R.V.S., Rodrigo, P.P., Kazutaka, F., Cosme, R.M., William, M.L., & Galba, M.C.T. (2006). Alternative Carbon Sources from Sugar Cane Process for Submerged Cultivation of *Cunninghamella bertholletiae* to Produce Chitosan. *FOOD Technology Biotechnology*. 44(4): 519-523.
- Amorim, R.V.S.; Souza, W.; Fukushima, K.; Campos-Takaki, G.M. (2011). Faster chitosan production by mucoralean strains in submerged culture. *Braz. J. Microbiol.* 32, 20-23.
- Aranaz, I., Acosta, N., Civera, C., Elorza, B., Mingo, J., Castro, C., Gandía, M. de los L., & Caballero, A. H. (2021). Cosmetics and cosmeceutical applications of chitin, chitosan and their derivatives. *Polymers*. 10(2).
- Ayyubi, M. S., Farikhah & Nur, M. S. (2022). The Effect of Chitosan Extracted from Green Mussel Shells *Perna viridis* on *Sonneratia caseolaris* Magrove Syrup Preservation. *Jurnal Biologi Tropis*. 22(1): 251-264.
- Bahri, S., E., A. Rahim dan S. Syarifuddin. (2015). Derajat Deasetilasi Kitosan dari Cangkang Kerang Darah dengan Penambahan NaOH Secara Bertahap. *Jurnal Riset Kimia*. 1(1).
- Barbosa, M.A., Gonçalves, I.C., Moreno, P.M.D., Gonçalves, R.M., Santos, S.G., Pêgo, A.P., & Amaral, I.F. (2017). 2.13 Chitosan ☆. In *Comprehensive Biomaterials II*. Elsevier. 279–305.
- Batista, A.C.D.L., Fransisco, E.D.S.N., & Wesley, D.S.P. (2018). Review of Fungal Chitosan: Past Present and Perspectives in Brazil. *Polimeros*. 28(3): 275-283.
- Beliaeva, A., Nianikova, G., & Rostovtseva, P. (2020). Chitin-Chitosan Complex from *Rhizopus oryzae* Obtained on a Pea Culture Medium and Some of Its Physicochemical Properties. *E3S Web of Conferences*. 215.
- Caniago, Murtiana., Dewi, I.R., & Herman. (2014). Deskripsi Karakter Morfologi Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) Juray Dari Kabupaten Rokan Hulu. *JOM FMIPA*. 1(2): 613-619.
- Chatterjee, Sudipta., Sandipan, Chatterjee., Bishnu, P.C., & Arun, K.G. (2008).

- Enhancement of Growth and Chitosan Production by *Rhizopus oryzae* in Whey Medium by Plant Growth Hormones. *International Journal of Biological Macromolecules*. 42: 120-126.
- Citrowati, A.N., Satyantini, W.H., & Mahasri, G. (2017). Nilai Derajat Deasetilasi Kitosan Dari Cangkang Kerang Kampak. *Journal of Aquaculture and Fish Health*. 6(2): 1–9.
- Crestini, C., Kovac, B., & Giovannozzi-Sermanni, G. (1996). Production and Isolation of Chitosan by Submerged and Solid-State Fermentation from *Lentinus edodes*. *Biotechnology and Bioengineering*. 50(2): 207–210.
- Crognale, Silvia., Critina, Russo., Maurizio, Petruccioli., & Alessandro, D.A. (2022). Review: Chitosan Production by Fungi: Current State of Knowledge, Future Opportunities and Constraints. *Fermentation*. 8(76): 1-25.
- De Lima Batista, A.C., De Souza Neto, F.E., & De Souza Paiva, W. (2018). Review of Fungal Chitosan: Past, Present and Perspectives in Brazil. *Polimeros*. 28(3): 275-283.
- Domszy, J.G., & Roberts, G.A.F. (1985). Evaluation of Infrared Spectroscopic Techniques for Analysing Chitosan. *Die Makromolekulare Chemie*. 186(8): 1671– 1677. <https://doi.org/10.1002/macp.1985.021860815>
- El-Enshasy, H.A. (2017). Chapter 9 - Filamentous Fungal Cultures – Process Characteristics, Products, and Applications. In *Bioprocessing for Value-Added Products from Renewable Resources*, Yang, S.-T., Ed. Elsevier: Amsterdam, <https://doi.org/10.1016/B978-044452114-9/50010-4pp>. 225-261.
- El-Mohamedy, R. S. R., El-Aziz, M. E. A., & Kamel, S. (2019). Antifungal activity of chitosan nanoparticles against some plant pathogenic fungi in vitro. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 21(4), 201–209.
- Elsoud, M.M.A., & Kady, E.M.El. (2019). Current trends in fungal biosynthesis of chitin and chitosan. *Bulletin of the National Research Centre*. 43(1): 59.
- Erdogmus, S. F., Altıntas, O. E., & Çelik, S. (2023). Production of fungal chitosan and fabrication of fungal chitosan/polycaprolactone electrospun nanofibers for tissue engineering. *Microscopy Research and Technique*.
- Ghosh, B., & Ray, R.R. (2011). Current Commercial Perspective of *Rhizopus oryzae*: A review. *Journal of Applied Sciences*. 11(14): 2470–2486. <https://doi.org/10.3923/jas.2011.2470.2486>
- Glinka, G.K., Klaudia, Piekarska., & Maria, W.W. (2022). The Use of Carbohydrate Biopolymers in Plant Protection Against Pathogenic Fungi. *Polymers*. <https://doi.org/10.3390/polym14142854>.
- Habibi, A., Salar, Karami., Kambiz, Varmira., & Malihe, Hadadi. (2020). Key Parameters Optimization of Chitosan Production from *Aspergillus terreus* Using Apple Waste Extract as Sole Carbon Source. *Bioprocess and Biosystems Engineering*. 44(2): 283–295. <https://doi.org/10.1007/s00449-020-02441-2>
- Hambali, Mulkan., Edo, Wijaya., & Afthar, Reski. (2017). Pembuatan Kitosan dan Pemanfaatannya Sebagai Agen Koagulasi-Flokulasi. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(23): 104-113.
- Hardani, P.T., Dewi, Perwito., & Nadia, A.M. (2021). Review Artikel: Isolasi

- Kitin dan Kitosan dari Berbagai Sumber Bahan Alam. *Seminar Nasional Hasil Riset dan Pengabdian Ke-III*. 469-475.
- Harianingsih. (2010). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kepiting Menjadi Kitosan Sebagai Bahan Pelapis (Coater) Pada Buah Stroberi. *Tesis Program Magister Teknik Kimia*. Universitas Diponegoro.Semarang. hal: 9.
- Hartati, F. K., T. Susanto dan S. Rakhmadiono. (2002). Faktor-faktor Yang Berpengaruh Terhadap tahap Deproteinasi Menggunakan Enzim Protease Dalam Kitin dari Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*). *Biosains*. 2: 68-77.
- Hartomo., B.T., & Fitriana, G.F. (2018). Pemanfaatan Biomaterial Kitosan dalam Bidang Bedah Mulut. *B-Dent: Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah*. 6(1): 63-70.
- Hendri, J. (2008). Teknik Deproteinasi Kulit Rajungan (*Portunus pelagicus*) Secara Enzimatik dengan Menggunakan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. *Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*. Universitas Lampung, Lampung.
- Hidayatullah, Taufik. (2018). Identifikasi Jamur *Rhizopus* sp. dan *Aspergillus* sp. pada Roti Bakar Sebelum dan Sesudah Dibakar yang Dijual di Alun-Alun Jombang. *Karya Tulis Ilmiah*. Program Studi Diploma III Analisis Kesehatan, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Insan Cendekia Medika, Jombang.
- Horton, R.H., L. A. Moran., R. S. Ochs., J. D. Rawn and K. G. Scrimgeour. (2002). Principles of Biochemistry. *Third edition*. New York: Prentice-Hall, Inc.
- Huq, T., Khan, A., Brown, D., Dhayagude, N., He, Z., & Ni, Y. (2022). Sources, Production and Commercial Applications of Fungal Chitosan. *A review: Journal of Bioresources and Bioproducts*. 7(2): 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2022.01.002>
- Idris, S., Rosnah, S., Nor, M.Z.M., Mokhtar, M.N., & Abdul, G.S.S. (2020). Physicochemical Composition of Different Parts of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) Plant. *Food Research*. 4(1): 78-84.
- Islami, Hafis. (2018). Pengaruh Beberapa Bahan Aktif Fungisida Terhadap Patogen Penyebab Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum* spp.) Secara *In Vitro*. *Skripsi: Program Studi Agroekoteknologi, Jurusan Budidaya Pertanian, fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya*.
- Jamilatun, M., Azzahra, N., & Aminah, A. (2020). Perbandingan Pertumbuhan *Aspergillus fumigatus* pada Media Instan Modifikasi Carrot Sucrose Agar dan Potato Dextrose Agar. *Jurnal Mikologi Indonesia*, 4(1), 168–174. <https://doi.org/10.46638/jmi.v4i1.69>
- Jayanti, R.D., & Unung, Leoanggraini. (2020). Fermentasi Kitin dari Limbah Cangkang Kepiting Menggunakan Jamur *Rhizopus oryzae* pada Berbagai Kadar Air. *Fullerene Journal of Chemistry*. 5(1): 10-15.
- Kaur, S., & Dhillon, G. S. (2014). The Versatile Biopolymer Chitosan: Potential Sources, Evaluation of Extraction Methods and Applications. *Critical Reviews in Microbiology*. 40(2): 155–175.
- Kementerian Agama, RI. (2015). *Tafsir Ilmi: Eksistensi Kehidupan di Alam Semesta dalam perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.

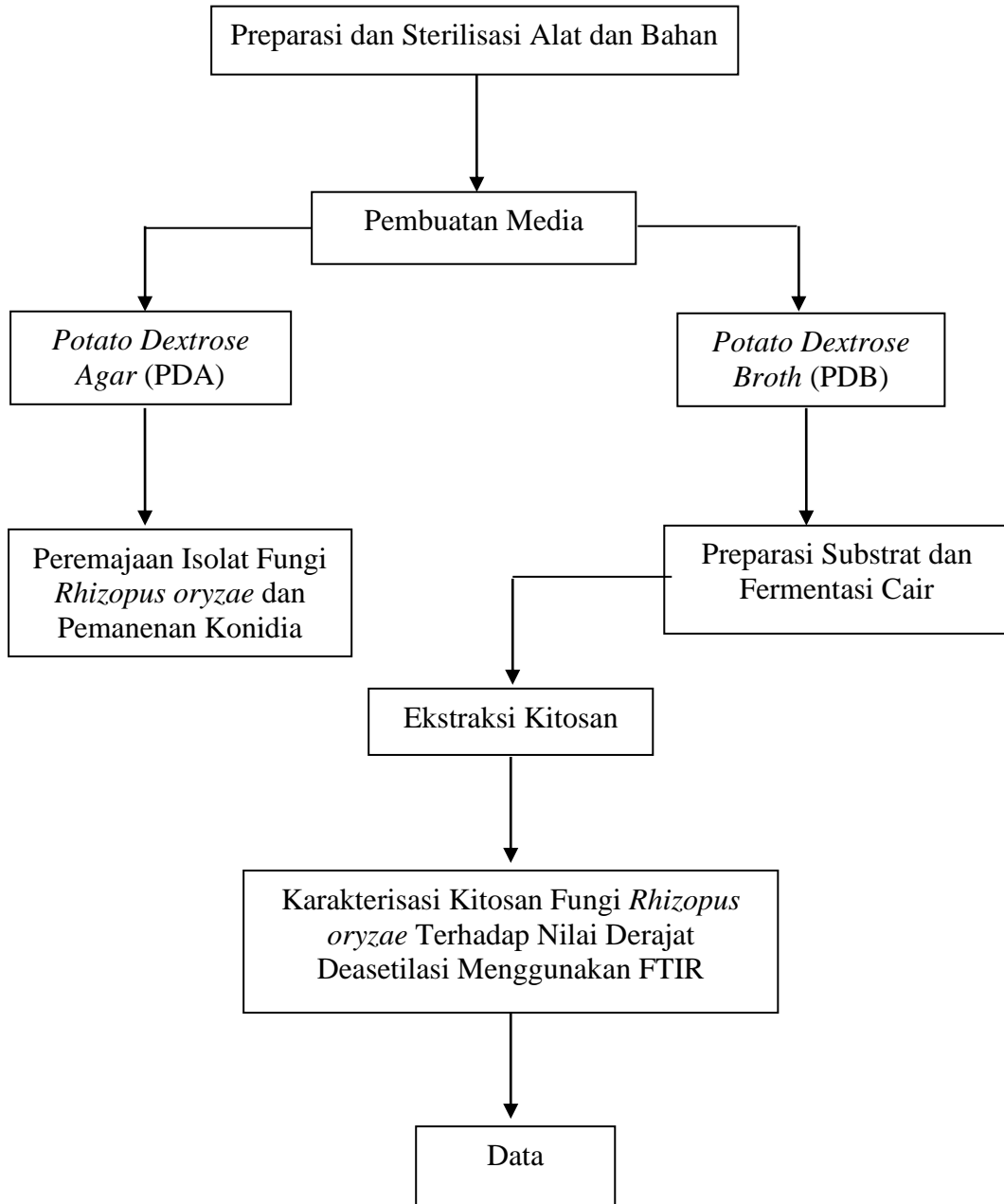
- Kementerian Agama, RI. (2015). *Tafsir Ilmi: Jasad renik dalam perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Kementerian Agama, RI. (2015). *Tafsir Ilmi: Kepunahan Makhluk Hidup dalam perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Kim, F., X. Chen, Wang & Rajapakse. (2005). Effect of Chitosan on the Biological Properties of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of agric food chemical*. 53: 3696.
- Kulka, K., & Sionkowska, A. (2023). Chitosan Based Materials in Cosmetic Applications: A Review. *Molecules*, 28(4), 1817.
- Kwon, J.H., Jinwoo, K., Yong-Hwan, L., & Hong-Sik, S. (2010). Soft Rot on *Cucumis melo* var. *makuwa* Caused by *Rhizopus oryzae* . *Mycobiology*, 38(4), 336. <https://doi.org/10.4489/myco.2010.38.4.336>
- Maghsoodi, V., J. Razavi., & S. Yaghmaei. (2009). Production of Chitosan by Submerged Fermentation from *Aspergillus niger*. *Transactions C: Chemistry and Chemical Engineering*. 16(2): 145-148.
- Mastuti, W. (2005). Pengaruh Konsentrasi NaOH dari Suhu pada Proses Deasetilasi Khitin dari Kulit Udang. *Jurnal Teknik Kimia*. 4(1). Pp. 21-25.
- Mrudula, Soma., & Rangasamy, Murugammal. (2011). Production of Cellulase by *Aspergillus niger* Under Submerged and Solid State Fermentation Using Coir Waste As A Substrate. *Brazilian Journal of Microbiology*. 42: 1119-1127.
- Muhlis, Holis., Alfariz, D.P., & Unung, Leoangraini. (2021). Pemurnian Kitosan Hasil Fermentasi Limbah Cangkang Kepiting Menggunakan Pelarut Asam Asetat. *Jurnal Fluida*. 14(2): 57-64.
- Mutiara, Rosyida. (2021). Optimasi Sintesis *Biochar* Dari Kulit Singkong (*Manihot esculenta* Crantz.) Termodifikasi Fe_3O_4 Menggunakan Variasi Massa dan Waktu Sebagai Adsorben Limbah Metilen Biru. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, Program Studi Kimia, FMIPA.
- Mutiara, Rosyida. (2021). Optimasi Sintesis *Biochar* Dari Kulit Singkong (*Manihot esculenta* Crantz.) Termodifikasi Fe_3O_4 Menggunakan Variasi Massa dan Waktu Sebagai Adsorben Limbah Metilen Biru. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, Program Studi Kimia, FMIPA.
- Namboodiri, M.M.T., & Kannan, Pakshirajan. (2020). Valorization of Waste Biomass for Chitin and Chitosan Production. *Waste Biorefinery*. 241-264.
- New, Nitar., Suwalee, Chandkrachang., Willem, F.S., Theingi, Maw., Teck, K.T., Eugene, Khor., & Sek, M.W. (2001). Production of Fungal Chitosan by Solid State and Submerged Fermentation. *Carbohydrate Polymers*. 1-3.
- Nissa, R.C., D, Sumiarsa., W. Kosasih., B. Firdiana., & A. H. D. Abdullah. (2021). Synthesis of L-Lactic Acid From Fermentation of Cassava Pulp by Using Tempeh Inoculum. *Jurnal Sains Materi Indonesia (JUSAMI)*. 23(1): 1-8.
- Oktarina, E., Adrianto, R., & Ira Setiawati. (2017). Imobilisasi Bakteri pada Kitosan-Alginat dan Kitin-Alginat Immobilization of Bacteria on Chitosan-Alginate and Chitin-Alginate. *Majalah Teknologi Agro Industri (Tegi)*.9(2): 1-8.

- Peng, P., & She, D. (2014). Isolation, structural characterization, and potential applications of hemicelluloses from bamboo: A review. *Carbohydrate Polymers*, 112, 701–720. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.06.068>.
- Pochanavanich, P., & Suntornsuk, W. (2002). Pochanavanich-2002-Fungal Chitosan prod. *March*. 17–21.
- Ramandha, M.R., Didin, Wiharso., Supriatin., & Abdul, K.S. 2021. Karakteristik Morfologi dan Beberapa Sifat Kimia Tanah pada Lahan Pertanaman Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz) dan Kebun Campuran di Desa Adipuro Kecamatan Trimurjo, Kabupaten Lampung Tengah. *Jurnal Agrotek Tropika*. 9(1): 91-102.
- Restiani, Rini., Dewi, I.R., & Herman. (2014). Karakter Morfologi Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz). Hijau dari Kabupaten Pelalawan. *JOM FMIPA*. 1(2): 619-623.
- Rifai, D. N. R. (2007). Isolasi dan Identifikasi Kitin, Kitosan dari Cangkang Hewan Mimi (*Horseshoe Crab*) Menggunakan Spektrofotometri Inframerah. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Malang.
- Rokhati, N. (2006). Pengaruh Derajat Deasetilasi Kitosan dari Kulit Udang terhadap Aplikasinya Sebagai Pengawet Makanan. *Reaktor*. 10(2): 54-58.
- Ruiz-Herrera, J. (2012). Fungal cell wall: estructure, synthesis, and assembly. In J. Ruiz-Herrera (Ed.), *Current topics in medical mycology* (3, 168–217). New York: Springer
- Rumengan, I.F.M., Pipih, Suptijah., Netty, Salindeho., Stenly, Wullur., & Aldian, H. Luntungan. (2018). *Nanokitosan dari Sisik Ikan: Aplikasinya Sebagai pengemas Produk Perikanan*. Sulawesi Utara: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sam Ratulangi.
- Sailah, Illah., Fitri, Mulyaningsih., Andes, Ismayana., Tyara Puspaningrum., Anis, A.A and Nastiti, S. I. (2020). Kinerja Karbon Aktif dari Kulit Singkong dalam Menurunkan Konsentrasi Fosfat pada Air Limbah Laundry. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 20(2): 180-189.
- Salem, M.F., Wessam, A.A.E., Ahmed, A.T., Fahad, M.A., & Osama, M.A. (2022). Antifungal Application of Biosynthesized Selenium Nanopartocles with Pomegranate Peels and Nanochitosan as Edible Coatings for *Citrus green* Mold Protection. *Journal of Nanobiotechnology*. 20: 182.
- Santoso, J.E.; Soares, J.P.; Dockal, E.R.; Campana Filho, S.P.; Cavalheiro, E.T.G. (2013). Caracterização de quitosanas comerciais de diferentes origens. *Polím. Ciência e Tecnol*. 13: 242-249.
- Setha, B., Rumata, F., & Sillaban, B. (2019). Karakteristik Kitosan Dari Kulit Udang Vaname Dengan Menggunakan Suhu dan Waktu Yang Berbeda dalam Proses Deasetilasi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 22(3): 498–507.
- Shalini, S. and S. Prema. (2012). Phytochemical Screening and Antimicrobial Activity of Plant Extracts for Disease Management. *Int J CURR SCI Research Article*. 209-218.
- Silahi, A. M., Amal, Fadholah dan Lija, O. A. (2020). Isolasi dan Identifikasi Kitin dan Kitosan dari Cangkang Susuh Kura (*Sulcospira testudinaria*). *Pharmaceutical Journal of Islamic Pharmacy*. UNIDA Gontor.
- Sitanggang, A. B., Sophia, L., & Wu, H. S. (2012). Aspects of glucosamine

- production using microorganisms. *International Food Research Journal*, 19(2), 393–404.
- Srijanto, B, Imam, P, Masduki & Purwantiningsih. (2006). Pengaruh Derajat Deasetilasi Bahan Baku pada Depolimerisasi Kitosan. *Akta Kimindo*. 1 : 67-72.
- Stephanie., & Purwadaria, T. (2013). Fermentasi Substrat Padat Kulit Singkong Sebagai Bahan Pakan Ternak Unggas. *WARTAZOA*. 23(1): 15-22.
- Sugita P., Wukirsan, T., Sjahriza, A & Wahyono, D,. 2009. Kitosan Sumber Biomaterial Masa Depan. Bogor: IPB Press.
- Suntornsuk, W., Pochanavanich, P., & Suntornsuk, L. (2002). Fungal chitosan production on food processing by-products. *Process Biochemistry*, 37(7), 727– 729. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(01\)00265-5](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(01)00265-5)
- Supratman, U. (2010). *Elusidasi Struktur Senyawa Organik*. Bandung: Widya Padjadjaran.
- Suryani, Yani., Opik, Taupiqurrahman., & Yuni, Kulsum. (2020). *Mikologi*. Padang: PT. Freeline Cipta Granesia.
- Wachid, Mohammad., & Pratiwi, Mutia. (2019). Optimasi Media Kulit Singkong pada Pertumbuhan *Sacharomyces cereviceae*. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*. 4(2): 16-25.
- Wahyuni., Ahmad, Ridhay., & Nurakhirawati. 2016. Pengaruh Waktu proses Deasetilasi Kitin dari Cangkang Bekicot (*Achatina fullica*) Terhadap Detajat Deasetilasi. *Kovalen*. 2(1): 1-7.
- Walker, G.M.; White, N.A. (2017). Introduction to Fungal Physiology. In *Fungi*. <https://doi.org/10.1002/9781119374312.ch1pp>. 1-35.
- Yang, Lei., Xin, Li., Chenhuan, Lai., Yimin, Fan., Jia, Ouyang., & Qiang, Yong. (2017). Fungal Chitosan Production Using Xylose Rich of Corn Strover Prehydrolysate by *Rhizopus oryzae*. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 31(6): 1160-1166.
- Yao, Yuan., Xiao-Hui, Wu., Meng-Ting, Geng., Rui-Mei, Li., Jiao, Liu., Xin-Wen, Hu., & Jian-Chun, Guo. (2014). Cloning, 3D Modeling and Expression Analysis of Three Vacuolar Invertase Genes from Cassava (*Manihot esculenta* Crantz.). *Molecules*. 19: 6228-6245.
- Zainul, Rahadian. (2021). *Teknik Karakterisasai Kimia Fisika*. Padang: CV. Berkah Prima.
- Zamani, A., Edebo, L., Sjöström, B., & Taherzadeh, M. J. (2007). Extraction and precipitation of chitosan from cell wall of zygomycetes fungi by dilute sulfuric acid. *Biomacromolecules*, 8(12), 3786–3790. <https://doi.org/10.1021/bm700701w>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Alur Penelitian



Lampiran 2. Pembuatan Variasi Konsentrasi Substrat Kulit Singkong

Pembuatan variasi konsentrasi substrat kulit singkong dalam penelitian yang memengaruhi nilai derajat deasetilasi kitosan fungi *Rhizopus oryzae* menggunakan fermentasi cair adalah 0% (Kontrol= PDB), 80% (P1), 100% (P2).

Konsentrasi (v/v)% = volume zat/ volume larutan x 100%

1. Konsentrasi 0% = 0 ml Substrat kulit singkong + 100 ml larutan PDB
2. Konsentrasi 80% = 80 ml Substrat kulit singkong + 20 ml larutan garam mineral
3. Konsentrasi 100% = 100 ml Substrat kulit singkong + 0 ml larutan garam mineral

Lampiran 3. Komposisi Media Penelitian**1. Media *Potato Dextrose Broth* (PDB)**

Komposisi media PDB meliputi:

- Ekstrak kentang 200.000 g/L
- *Dextrose* (Glukosa) 20.000 g/L
- pH (25C) $5,1 \pm 0,2$ g/L

2. Media Larutan Garam Mineral

Komposisi garam mineral meliputi:

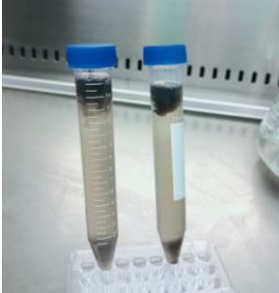
- K_2HPO_4 1 g/L
- KH_2PO_4 1 g/L
- $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,1 g/L
- NH_4NO_3 3 g/L

3. Media Sumber Karbon dan Sumber Nitrogen

Komposisi media sumber karbon sumber nitrogen meliputi:

- Konsentrasi 0% = 0 ml sari kulit singkong + 100 ml PDB
- Konsentrasi 80% = 80 ml sari kulit singkong + 20 ml larutan garam mineral
- Konsentrasi 100% = 100 ml sari kulit singkong + 0 ml larutan garam mineral

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian

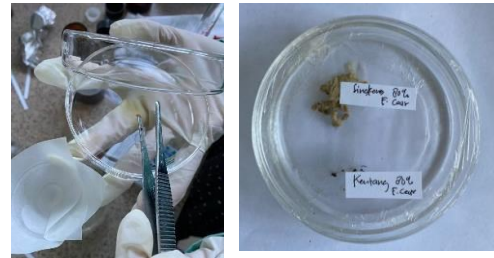
 <p>1. Sterilisasi Alat dan Bahan</p>	 <p>2. Pembuatan Media PDA dan PDB</p>
  <p>3. Peremajaan Isolat Fungi <i>Rhizopus oryzae</i> dan Pemanenan Konidia</p>	  <p>4. Membuat suspensi spora (ditambahkan larutan tween 80 + aquades steril) untuk menginokulasikan media fermentasi</p>
 <p>5. Suspensi spora dimasukkan ke dalam tabung eppendorf</p>	   <p>6. Preparasi substrat cair</p>



7. Tambahkan suspensi spora dan masukkan ke dalam shaker inkubator substrat fermentasi cair dengan suhu 30C kecepatan 150 rpm selama 96 jam (4 hari)



8. Massa sel miselium yang didapatkan



9. Massa sel miselium 0%, 80% dan 100 % disaring dan dikeringkan dalam oven suhu 65C sampai berat konstan



10. Miselium fungi yang sudah kering ditumbuk dan dimasukkan ke dalam tabung eppendorf steril



11. Ditambahkan NaOH 55%



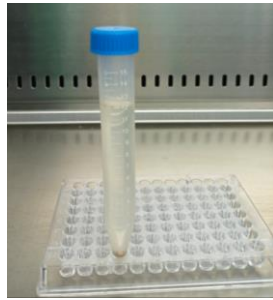
12. Disentrifugasi 4500 rpm selama 25 menit



13. Disaring kemudian ditambahkan aquades dan asam asetat 2% dan di keringkan pada suhu 95°C selama 8 jam



14. Disentrifugasi kembali dan dikondisikan pada pH 10-12 dengan ditambahkan NaOH, kemudian di sentrifugasi kembali pada 4500 rpm selama 20 menit



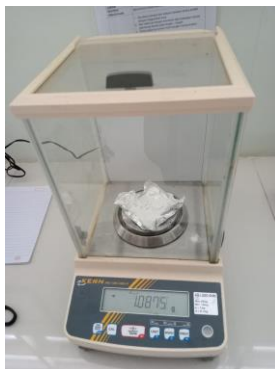
15. Supernatan yang mengandung kitosan dicuci sampai pH netral dengan ditambahkan aquades, ethanol 95% dan aseton



16. Dikeringkan pada suhu 60 °C selama 24 jam sampai didapatkan berat konstan

17. Kitosan yang sudah kering di tumbuk dan ditimbang (Biomassa kitosan)

0% = U1 (1,08 g/ml)



0% = U2 (1,2 g/ml)



0% = U3 (1,32 g/ml)



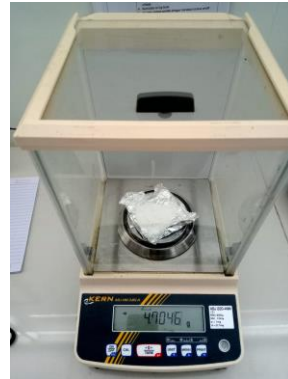
80% = U1 (2,3 g/ml)



80% = U2 (4,6 g/ml)



80% = U3 (4,7 g/ml)



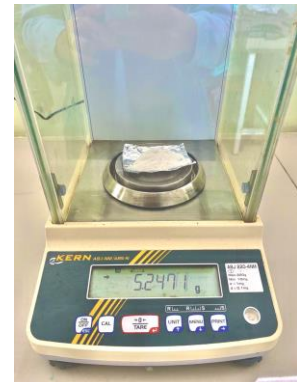
100% = U1 (4,6 g/ml)



100% = U2 (4,75 g/ml)



100% = U3 (5,2 g/ml)



Lampiran 5. Uji Normalitas, Homogenitas dan lanjutan menggunakan *software SP*

Tabel 5.1 Biomassa Kitosan Fungi *Rhizopus oryzae*

Perlakuan	Ulangan (g/ml)			Total (g/ml)	Rerata (g/ml)
	I	II	III		
0%	1.08	1.2	1.32	3.6	1.2
80%	2.3	4.6	4.71	11.61	3.87
100%	4.6	4.75	5.2	14.55	4.85

A. Uji Normalitas dan Homogenitas

Nilai	Perlakuan	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nilai	0%	.175	3	.	1.000	3	1.000
	80%	.371	3	.	.784	3	.077
	100%	.292	3	.	.923	3	.463

a. Lilliefors Significance Correction

Nilai	Based on	Levene	df1	df2	Sig.
		Statistic			
Nilai	Based on Mean	10.605	2	6	.011
	Based on Median	.777	2	6	.501
	Based on Median and with adjusted df	.777	2	2.136	.558
	Based on trimmed mean	8.585	2	6	.017

Hasil uji normalitas dan homogenitas didapatkan $>0,05$, maka data dinyatakan normal dan homogen.

B. Uji Lanjutan

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
0%	3	1.2000	
80%	3		3.8700
100%	3		4.8500
Sig.		1.000	.188

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Uji Duncan didapatkan nilai biomassa yang paling besar terdapat pada

konsentrasi 100%. Pada 0% = a, 80% = b dan 100% = b, sehingga dapat diketahui bahwa pada perlakuan 1 (0%) terdapat perbedaan nyata dengan 80% dan 100%.

ANOVA

Nilai

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21.412	2	10.706	16.357	.004
Within Groups	3.927	6	.655		
Total	25.339	8			

Nilai signifikan $<0,05$ yang artinya H_0 ditolak, maka terdapat perbedaan nyata atau signifikan antara konsentrasi terhadap biomassa kitosan fungi pada perlakuan 0% dan tidak terdapat perbedaan nyata dengan 80% dan 100%.

Lampiran 6. Perhitungan Derajat Deasetilasi

$$\%DD = 100 - [(A1655/A3450) \times 100/1,33]$$

$$\begin{aligned} A1655 &= \text{Log } P_0/P \\ &= \text{Log } (93/86) \\ &= 0,034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A3450 &= \text{Log } P_0/P \\ &= \text{Log } (96/82) \\ &= 0,068 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%DD &= 100 - [(A1655/A3450) \times 100/1,33] \\ &= 100 - [(0,034/0,068 \times 100/1,33)] \\ &= 100 - [(0,5 \times 100/1,33)] \\ &= 100 - 37,59 \\ &= 62,41 \% \end{aligned}$$




KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI 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 : Inayah Ismiatin Nisak
NIM : 19620092
Judul : Pengaruh Penambahan Substrat Kulit Singkong dengan Fermentasi Cair terhadap Nilai Derajat Deasetilasi Kitosan Fungi *Rhizpous oryzae*

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	23%	
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc		



Mengetahui,
 Ketua Program Studi Biologi


Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
 NIP. 19741018 200312 2 002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341) 551354, Fax. (0341) 572533
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-malang.ac.id

**JURNAL BIMBINGAN
SKRIPSI/TESIS/DISERTASI**

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 19620092
 Nama : INAYAH ISMIATIN NISAK
 Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
 Jurusan : Biologi
 Dosen Pembimbing 1 : Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc
 Dosen Pembimbing 2 : Umaiatus Syarifah, M.A
 Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Substrat Kulit Singkong dengan Fermentasi Cair terhadap Nilai Derajat Deasetilasi Kitosan Fungi *Rhizopus oryzae*

IDENTITAS BIMBINGAN

No.	Tanggal Bimbingan	Nama pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	05 September 2022	Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc	Penentuan Judul Skripsi	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
2	23 September 2022	Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc	Penentuan Judul Skripsi sementara	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
3	07 Oktober 2022	Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc	Konsultasi Penyusunan BAB I	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
4	10 November 2022	Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc	Konsultasi dan Bimbingan BAB I	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
5	12 Januari 2023	Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc	Konsultasi Hasil Revisi Judul dan BAB 123	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
6	14 Januari 2023	Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc	Konsultasi dan Koreksi Hasil Proposal	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
7	06 Februari 2023	Umaiatus Syarifah, M.A	Bimbingan dan Konsultasi Integrasi Agama Naskah Proposal	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
8	09 Februari 2023	Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc	Konsultasi Hasil Revisi Proposal Skripsi	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
9	10 Februari 2023	Umaiatus Syarifah, M.A	Konsultasi Hasil Revisi Integrasi Agama Proposal	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
10	10 Februari 2023	Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc	Konsultasi dan Bimbingan Hasil Revisi Proposal	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
11	13 Februari 2023	Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc	ACC Naskah Proposal Skripsi	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
12	13 Februari 2023	Umaiatus Syarifah, M.A	ACC Integrasi Agama Proposal Skripsi	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
13	31 Mei 2023	Prilya Dewi	Konsultasi dan Bimbingan BAB I-V	Genap	Sudah

		Fitriasari, M.Sc		2023/2024	Dikoreksi
14	06 Juni 2023	Umaiyatus Syarifah, M.A	Bimbingan Integrasi Agama BAB IV dan Konsultasi Kembali BAB I-V	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
15	07 Juni 2023	Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc	ACC Naskah Skripsi	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
16	08 Juni 2023	Umaiyatus Syarifah, M.A	ACC Integrasi Agama Skripsi	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
17	22 Juni 2023	Umaiyatus Syarifah, M.A	ACC Integrasi Agama Naskah Skripsi	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
18	26 Juli 2023	Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc	ACC Naskah Skripsi	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

Umaiyatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005

Malang, 06 Juli 2023
Dosen Pembimbing 1

Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc
NIDT. 19900428 206080 1 2062



Kajur./Kaprodin,

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002