

**OPTIMASI DAN KARAKTERISASI DERAJAT DEASETILASI KITOSAN
JAMUR *Rhizopus oryzae* DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH KULIT
PISANG SEBAGAI SUBSTRAT SUMBER KARBON**

SKRIPSI

**Oleh:
DENY VIANTO CHAHYO MAHENDRA
NIM. 210602110044**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**OPTIMASI DAN KARAKTERISASI DERAJAT DEASETILASI KITOSAN
JAMUR *Rhizopus oryzae* DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH KULIT
PISANG SEBAGAI SUBSTRAT SUMBER KARBON**

SKRIPSI

**Oleh:
DENY VIAN TO CHAHYO MAHENDRA
NIM. 210602110044**

**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
2025**

**OPTIMASI DAN KARAKTERISASI DERAJAT DEASETILASI KITOSAN
JAMUR *Rhizopus oryzae* DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH KULIT
PISANG SEBAGAI SUBSTRAT SUMBER KARBON**

SKRIPSI

Oleh:
DENY VIAN TO CHAHYO MAHENDRA
NIM. 210602110044

telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal: **18 Juni 2025**

Pembimbing I

Prilva Dewi Fitriasari M. Sc
NIP. 19900428 202321 2 037

Pembimbing II

Muhammad Asmuni Hasyim M. Si
NIP. 19870522 202321 1 016

Mengetahui,

Netua Program Studi Biologi
UIN Maulana Malik Ibrahim Malang,



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

**OPTIMASI DAN KARAKTERISASI DERAJAT DEASETILASI KITOSAN
JAMUR *Rhizopus oryzae* DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH KULIT
PISANG SEBAGAI SUBSTRAT SUMBER KARBON**

SKRIPSI

Oleh:
DENY VIANTO CHAHYO MAHENDRA
NIM. 210602110044

Telah dipertahankan
Di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh Gelar Sarjana Sains (S. Si)

Ketua Penguji : Prof. Dr. Hj. Ulfah Utami, M. Si
NIP. 19650509 199903 2 002


(.....)

Anggota Penguji I : Ir. Liliek Harianie, M.P
NIP. 196209011998032001


(.....)

Anggota Penguji II : Prilya Dewi Fitriasaki, M. Sc
NIP. 19900428 202321 2 037


(.....)

Anggota Penguji III : Muhammad Asmuni Hasyim M.
NIP. 19870522 202321 1 016


(.....)



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Biologi

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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, dengan penuh rasa syukur ke hadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan limpahan rahmat, nikmat, serta kekuatan dalam setiap langkah, akhirnya karya sederhana ini dapat terselesaikan. Skripsi ini bukan hanya hasil dari upaya dan pemikiran pribadi, tetapi juga buah dari doa-doa tulus, dukungan penuh cinta, dan bimbingan yang tak ternilai dari banyak pihak yang Allah hadirkan dalam perjalanan ini. Kepada mereka, dengan segala kerendahan hati, karya ini kupersembahkan.

1. Untuk Ibunda tercinta, terima kasih atas kasih sayang tanpa syarat, atas setiap tetes doa yang mengiringi langkahku, dan atas kekuatan luar biasa yang Ibu tanamkan. Di setiap lembar skripsi ini, ada jejak dari malam-malam panjang yang Ibu lewati dalam diam, ada kesabaran yang Ibu ajarkan tanpa kata, dan ada doa yang Ibu bisikkan tanpa lelah. Ibu adalah alasan aku bisa bertahan sejauh ini, dan Ibu pula tujuan dari setiap langkah yang ingin kutempuh ke depan. Skripsi ini mungkin tidak sempurna, tetapi semoga menjadi bukti kecil bahwa semua perjuangan Ibu tak pernah sia-sia.
2. Ayahanda, Skripsi ini kupersembahkan untukmu yang mungkin tak selalu bertanya soal prosesnya, tapi selalu memastikan aku cukup kuat untuk menyelesaikannya. Terima kasih telah menjadi penopang dalam senyap, memberi ruang untukku tumbuh, dan menjadi alasan kuat di balik setiap doa yang kupanjatkan di tengah malam. Engkau tidak pernah meminta imbalan apa pun, tapi biarlah pencapaian kecil ini menjadi bukti cinta dan rasa terima kasihku yang tak mampu terucap dengan kata. Semoga Allah senantiasa menjaga langkahmu, melapangkan rezekimu, dan membalas setiap kebaikanmu dengan limpahan keberkahan yang tiada henti.
3. Teruntuk Dosen pembimbing Ibu Prilya Dewi Fitriyani M. Sc terima kasih saya sampaikan dari hati yang paling dalam atas kesabaran, ketelitian, dan ketulusan dalam membimbing saya selama proses penyusunan skripsi ini. Di tengah kesibukan yang luar biasa, Bapak/Ibu masih menyediakan waktu untuk membaca, mengoreksi, dan memberikan arahan dengan penuh perhatian. Setiap catatan, revisi, dan masukan yang diberikan tidak hanya memperbaiki tulisan saya, tapi juga membentuk cara berpikir dan kedewasaan akademik yang sangat berarti bagi masa depan saya. Bukan hanya ilmu yang saya dapat, tapi juga keteladanan dalam sikap dan dedikasi. Saya menyadari bahwa perjalanan ini tidak selalu mulus kadang terlambat mengirim revisi, kadang datang dengan banyak kekurangan. Namun, Ibu tetap membimbing dengan sabar. Skripsi ini saya persembahkan sebagai hasil dari bimbingan dan ilmu yang telah Ibu tanamkan. Semoga menjadi amal jariyah dan bukti bahwa bimbingan yang tulus tak pernah sia-sia. Terima kasih atas segalanya, Bapak/Ibu. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dengan keberkahan yang tak terputus.
4. Teman-teman seperjuangan Biologi 2021 khususnya Beta class yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis dalam penyusunan proposal skripsi ini.

5. Teman teman terbaik saya “SEMVAGH” yaitu Nuzul, Maul, Meri, Adini, Nabila, dan Ismairoh. Skripsi ini mungkin hanya ditulis oleh satu tangan, tapi diselesaikan dengan semangat yang kalian bagi bersama. Terima kasih telah tumbuh bersamaku dalam ruang yang sama: ruang penuh tekanan, tawa, air mata, dan harapan. Semoga langkah kita tak berhenti di titik ini. Semoga kita tetap saling menggenggam, dalam versi terbaik diri kita, di jalan hidup yang terus berubah. Kalian bukan hanya bagian dari cerita ini kalian adalah halaman terpentingnya.
6. Untuk seseorang yang bernama Mega Septyana Putri Pratama yang tidak selalu terlihat di garis depan, tapi kehadirannya terasa di setiap langkah. Terima kasih atas dukungan yang tenang, kesabaran yang tak banyak ditunjukkan, dan pengertian yang sering kali datang tanpa diminta. Meski tak disebutkan dalam banyak halaman, peranmu tak pernah kecil dalam proses ini. Kehadiranmu jadi pengingat bahwa berjalan pelan pun tak apa, asalkan tidak sendiri.

MOTTO

"Dan katakanlah: 'Ya Tuhanku, tambahkanlah kepadaku ilmu.'"

(QS. Taha (20): 114)

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Deny Vianto Chahyo Mahendra
NIM : 210602110044
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Optimasi Dan Karakterisasi Derajat Deasetilasi Kitosan
Jamur *Rhizopus oryzae* Dengan Penambahan Limbah Kulit Pisang Sebagai
Sumber Karbon

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini 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 di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Malang, 4 Mei 2025

Yang Membuat Pernyataan



Deny Vianto Chahyo Mahendra
NIM. 210602110044

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

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

OPTIMASI DAN KARAKTERISASI DERAJAT DEASETILASI KITOSAN JAMUR *Rhizopus oryzae* DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH KULIT PISANG SEBAGAI SUBSTRAT SUMBER KARBON

Deny Vianto Cahyo Mahendra, Prilya Dewi Fitriasari, Muhammad Asmuni
Hasyim

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

ABSTRAK

Kitosan merupakan biopolimer alami berbentuk kitin yang telah mengalami proses deasetilasi. Kitosan terdiri dari poli- β -[1,4]-N-asetil D-glukosamin. Secara komersial kitosan diperoleh dari limbah krustase. Permasalahan muncul seperti keterbatasan pasokan bahan baku kitosan dari limbah krustase, serta dapat mencemari lingkungan, oleh karena itu diperlukan pencarian alternatif untuk sumber bahan baku kitosan. Pemanfaatan kitosan dari limbah hasil alam yang ramah lingkungan semakin berkembang. Salah satunya menggunakan dinding sel jamur. Produksi kitosan dari jamur memiliki banyak keunggulan dibandingkan sumber krustase. Kitosan jamur memiliki komposisi yang konstan, tersedia sepanjang tahun, hemat biaya, dan sedikit penggunaan bahan kimia. Produksi kitosan dari jamur *Rhizopus oryzae* dilakukan dengan menggunakan hidrolisat kulit pisang sebagai media yang efektif untuk karakterisasi. Kandungan gula yang terfermentasi dalam kulit pisang memenuhi syarat sebagai substrat yang layak untuk meningkatkan produksi kitosan dari jamur. Produksi kitosan dari *Rhizopus oryzae* menggunakan limbah kulit pisang ambon sebagai sumber karbon dengan variasi konsentrasi kontrol, 60%, 80%, dan 100%. Pada penelitian ini difokuskan pada penambahan kulit pisang sebagai substrat dengan metode fermentasi cair (*submerged fermentation*) untuk memperoleh berat akhir jamur yang siap diekstraksi. Parameter karakterisasi kitosan menggunakan metode *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy* (FTIR) untuk mengetahui nilai derajat deasetilasi (DD) kitosan. Penelitian ini merupakan studi eksperimental yang menerapkan desain faktorial untuk mengevaluasi pengaruh kondisi fermentasi terhadap produksi kitosan, dengan melibatkan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji statistik parametrik One-Way ANOVA melalui software SPSS versi 25. Kitosan dari jamur *Rhizopus oryzae* menunjukkan peningkatan biomassa kering seiring dengan peningkatan konsentrasi dari 19,53 mg/ml (0%) menjadi 44,27 mg/ml (100%). Derajat deasetilasi yang dihasilkan mencapai 91,41%, menandakan kualitas kitosan yang baik.

Kata kunci: Fermentasi, Karakterisasi, Kitosan, Limbah Kulit Pisang, *Rhizopus oryzae*

OPTIMIZATION AND CHARACTERIZATION OF THE DEGREE OF DEACETYLATION OF CHITOSAN FROM *Rhizopus oryzae* USING BANANA PEEL WASTE AS A CARBON SOURCE SUBSTRATE

Deny Vianto Chahyo Mahendra, Prilya Dewi Fitriasari, Muhammad Asmuni Hasyim

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

ABSTRACT

Chitosan is a natural biopolymer in the form of chitin that has undergone a deacetylation process. It consists of poly- β -[1,4]-N-acetyl-D-glucosamine. Commercially, chitosan is obtained from crustacean waste. However, issues such as limited supply of chitosan raw materials from crustacean waste and potential environmental pollution necessitate the search for alternative raw material sources. The utilization of environmentally friendly natural waste for chitosan production is increasingly being developed, including the use of fungal cell walls. Chitosan production from fungi offers several advantages compared to crustacean sources. Fungal chitosan has consistent composition, is available year-round, cost-effective, and requires minimal use of chemicals. In this study, chitosan was produced from *Rhizopus oryzae* using banana peel hydrolysate as an effective medium for characterization. The fermentable sugar content in banana peel meets the criteria as a suitable substrate to enhance fungal chitosan synthesis. The chitosan production from *Rhizopus oryzae* used banana peel waste (of the Ambon variety) as a carbon source with concentration variations of control, 60%, 80%, and 100%. This study focused on the addition of banana peels as a substrate using submerged fermentation to obtain the final fungal biomass ready for extraction. Chitosan characterization was conducted using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) to determine the degree of deacetylation (DD) of chitosan. This experimental study applied a factorial design to evaluate the effects of fermentation conditions on chitosan production, involving 4 treatments and 3 replications. The data obtained were analyzed using the parametric statistical One-Way ANOVA test via SPSS version 25. Chitosan derived from *Rhizopus oryzae* showed an increase in dry biomass along with increasing concentrations, from 19.53 mg/mL (0%) to 44.27 mg/mL (100%). The resulting degree of deacetylation reached 91.41%, indicating good chitosan quality.

Keywords: Fermentation, Characterization, Chitosan, Banana Peel Waste, *Rhizopus oryzae*

تحسين وتوصيف درجة إزالة أسيتيل الكيتوزان من فطر ريزوبس أوريزا مع إضافة نفايات قشر الموز كركيزة مصدر للكربون

ديني فيانتو تشاهيو ماهيندرا، بريليا ديوي فيترياساري، محمد أسموني هاشم

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

مختصر البحث

الشيتوزان هو بوليمر حيوي طبيعي على شكل كيتين خضع لعملية إزالة الأسيتيل. يتكون الشيتوزان من يتم الحصول على الشيتوزان تجاريا من نفايات *N-acetyl D-glucosamine* - [1،4] - β بولي القشريات. تنشأ مشاكل مثل محدودية المعروض من المواد الخام الشيتوزان من نفايات القشريات ، ويمكن أن تلوث البيئة ، لذلك من الضروري إيجاد مصادر بديلة للمواد الخام الشيتوزان. يتزايد استخدام الشيتوزان من النفايات الطبيعية الصديقة للبيئة. واحد منهم يستخدم جدار الخلية الفطرية. إنتاج الشيتوزان من الفطريات له العديد من المزايا مقارنة بمصادر القشريات. يحتوي شيتوزان الفطر على تركيبة ثابتة ، ومتوفر على مدار السنة ، وفعال من حيث التكلفة ، ويستخدم القليل من المواد الكيميائية. يتم إنتاج الشيتوزان من فطر باستخدام قشر الموز المتحلل كوسيلة فعالة للتوصيف. محتوى السكر المخمر في *Rhizopus oryzae* قشور الموز مؤهل كركيزة قابلة للحياة لزيادة إنتاج الشيتوزان من الفطريات. يستخدم إنتاج الشيتوزان من نفايات قشر الموز أميون كمصدر للكربون مع اختلافات في تركيز التحكم بنسبة *Rhizopus oryzae* 60% و 80% و 100%. في هذه الدراسة ، ينصب التركيز على إضافة قشر الموز كركيزة بطريقة التخمر السائل (التخمير المغمور) للحصول على الوزن النهائي للفطر الجاهز للاستخراج. استخدمت معلمات لتحديد قيمة درجة إزالة الأسيتيل (FTIR) توصيف الشيتوزان طريقة التحليل الطيفي لتحويل فورييه للشيتوزان. هذه الدراسة هي دراسة تجريبية تطبق التصميم العملي لتقييم تأثير ظروف التخمر على (DD) إنتاج الشيتوزان ، بما في ذلك 4 علاجات و 3 مكررات. تم تحليل البيانات التي تم الحصول عليها باستخدام الإصدار 25. أظهر SPSS من خلال برنامج ANOVA الاختبار الإحصائي البارامترى أحادي الاتجاه زيادة في الكتلة الحيوية الجافة إلى جانب زيادة في التركيز من *Rhizopus oryzae* الشيتوزان من فطر 19.53 مجم / مل (0%) إلى 44.27 مجم / مل (100%). وصلت درجة نزع الأسيتيل الناتجة إلى 91.41% الكلمات المفتاحية: التخمر ، التوصيف ، الشيتوزان ، فضلات قشر ، مما يشير إلى جودة جيدة للشيتوزان ، *Rhizopus oryzae* الموز ،

الكلمات الرئيسية: فطر الموز، قشور نفايات الكيتوزان، التوصيف، التخمر، أوريزا زاي الأريزوبس

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr, Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini yang berjudul “Optimasi Dan Karakterisasi Derajat Deasetilasi Kitosan Jamur *Rhizopus oryzae* Dengan Penambahan Limbah Kulit Pisang Sebagai Substrat Sumber Karbon” dengan baik. Dalam penyusunan proposal penelitian ini, penulis menghadapi berbagai tantangan dan menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam penulisan yang dilakukan. Oleh karena itu, penulis sangat menghargai kritik dan saran yang konstruktif untuk meningkatkan kualitas proposal ini. Dengan segala hormat, penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyusunan skripsi ini, terutama kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Prof. Dr. Evika Sandi Savitri M.P selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Prilya Dewi Fitriyani, M.Sc selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran.
5. Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si selaku dosen pembimbing agama yang telah banyak memberikan bimbingan terkait integrasi sains dan islam dengan penuh kesabaran.
6. Prof. Dr. Drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku dosen wali yang telah membimbing studi dari awal semester hingga akhir semester.
7. Ayahanda Bambang Sutrisno dan Ibunda Sri Astutik penulis yang telah memberikan semangat, doa, dan dukungan dalam penyusunan proposal skripsi ini dengan lancar dan baik.
8. Teman-teman seperjuangan Biologi 2021 khususnya Beta class yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis dalam penyusunan proposal skripsi ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
مختصر البحث.....	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	11
1.3 Tujuan Penelitian	11
1.4 Manfaat Penelitian	12
1.4.1 Bagi Peneliti.....	12
1.4.2 Bagi Masyarakat	12
1.5 Batasan Masalah	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1 Jamur <i>Rhizopus oryzae</i>	12
2.1.1 Taksonomi Jamur <i>Rhizopus oryzae</i>	12
2.1.2 Karakteristik <i>Rhizopus oryzae</i>	12
2.1.3 Peran Jamur <i>Rhizopus oryzae</i>	13
2.2 Komponen Dinding Sel Fungi	15
2.3 Biosintesis Kitin Pada Dinding Sel Fungi	16
2.4 Pisang ambon (<i>Musa acuminata</i>).....	19
2.4.1 Taksonomi pisang ambon (<i>Musa acuminata</i>).....	19

2.4.2 Karakteristik Pisang Ambon (<i>Musa acuminata</i>)	19
2.4.3 Kandungan Limbah kulit pisang.....	20
2.5 Kitosan	24
2.5.1 Proses Ekstraksi Kitosan.....	28
2.6 Fermentasi Cair (Submerged Fermentation)	30
2.7 Sifat Fisikokimia Kitosan	32
2.7.1 Derajat Deasetilasi (DD).....	32
2.8 FTIR (Fourier Transform Infra-Red).....	33
BAB III METODE PENELITIAN.....	35
3.1 Rancangan Penelitian.....	35
3.2 Waktu dan Tempat.....	35
3.3 Alat dan Bahan.....	36
3.3.1 Alat.....	36
3.3.2 Bahan	36
3.4 Prosedur Penelitian	36
3.4.1 Sterilisasi Alat dan Bahan.....	36
3.4.2 Pembuatan Media	37
3.4.3 Peremajaan Isolat Jamur <i>Rhizopus oryzae</i>	38
3.4.4 Pembuatan Suspensi Spora <i>Rhizopus oryzae</i>	38
3.4.6 Preparasi Substrat dan Fermentasi.....	38
3.4.7 Ekstraksi Kitosan	40
3.4.8 Karakterisasi Kitosan.....	41
3.5 Analisis Data.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Pengaruh Penambahan Substrat Limbah Kulit Pisang Terhadap Biomassa Miselium dan Kitosan <i>Rhizopus oryzae</i>	43
4.2 Derajat Deasetilasi Kitosan <i>Rhizopus oryzae</i>	49
4.3 Integrasi Sains dan Islam	55
BAB V PENUTUP	61

5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Jamur <i>Rhizopus oryzae</i>	14
2.2. Struktur Kitin	18
2.3. Biosintesis Kitin.....	19
2.4. Morfologi Pisang Ambon.....	21
2.5. Struktur Kitosan	24
2.6. Teknik Ekstraksi Kitin dan Kitosan	26
4.1 Grafik Pengaruh Variasi Konsentrasi Sumber C	41
4.2 Spektrum FTIR Derajat Deasetilasi Kitosan Jamur <i>Rhizopus oryzae</i>	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Potensi jamur Zygomycota dalam produksi kitosan	16
2.5 Bidang Apikasi Kitosan	26
4.2 Aplikasi potensial kitosan dan turunannya	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kitosan merupakan biopolimer paling melimpah kedua setelah selulosa yang tersusun atas poli- β -[1,4]-N-asetil D-glukosamin. Senyawa organik ini dapat diperoleh dari berbagai sumber, terutama dari eksoskeleton krustase. Ekstraksinya membutuhkan beberapa langkah diantaranya demineralisasi, deproteinasi dan dekolorisasi. Kitosan adalah bentuk kitin yang telah mengalami proses deasetilasi, baik secara kimia maupun enzimatik. Selain itu, kitosan juga ditemukan secara alami di dinding sel beberapa jenis jamur (El-Araby *et al.*, 2024). Kitosan dianggap sebagai salah satu polimer yang melimpah karena sifatnya yang biodegradabel, biokompatibel, bioaktif serta memiliki sifat antimikroba dan antioksidan (Tebar *et al.*, 2023). Kitosan dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang diantaranya pertanian, kosmetik, industri makanan, farmasi dan obat-obatan (Pari dkk.,2022).

Bahan dasar dari pembuatan kitosan yaitu kitin. Kitin dibagi menjadi tiga jenis, yaitu α , β , dan γ kitin yang terdapat di dinding sel jamur dan sel hewan, khususnya dalam kelompok krustase. α kitin ditemukan pada lobster, kepiting dan udang. β -kitin memiliki susunan rantai paralel, yang biasa ditemukan pada cumi-cumi. Sedangkan γ kitin terdapat pada serangga, memiliki dua rantai yang sejajar dalam satu arah dan rantai ketiga bersifat antiparalel. Sebanyak 50-60% kitin terkandung pada cangkang kepiting, 42-57% pada cangkang udang dan 40% pada cumi-cumi serta pada kerang 14-35% (Barbosa, *et al.* 2017; Hardani, dkk., 2021). Pada tahun 2016, dunia memanfaatkan sebanyak 8 juta ton krustase dimana 40% terdiri dari limbah eskoskeleton dengan kandungan kitin. Ketersediaan bahan

baku kitin krustase sangat tergantung pada musim penangkapan dan pengolahan *seafood*, sehingga produksi kitosan menjadi tidak stabil. Ketidakpastian pasokan ini menimbulkan masalah keterbatasan bahan baku (Hahn, T., *et al.*, 2020). Limbah cangkang krustase tidak hanya mengandung kitin, tetapi juga protein, kalsium karbonat, dan residu biologis lainnya. Pengelolaan yang tidak tepat, limbah ini dapat menyebabkan pencemaran organik di lingkungan sekitar. Synowiecki dan Al-Khateeb (2012) menjelaskan bahwa pembusukan limbah cangkang krustase menghasilkan bau tidak sedap dan berpotensi mengganggu ekosistem lingkungan, jika tidak segera ditangani. Alternatif pengembangan sumber kitin seperti menggunakan jamur, merupakan salah satu solusi untuk mengatasi keterbatasan dalam pemanfaatan bahan baku dari krustase.

Jamur merupakan sumber kitin kedua yang paling umum setelah krustase. Dinding sel jamur menyumbang sebanyak 1 hingga 15% kandungan kitin. Dinding sel jamur terdiri dari kitin, β -glukan, dan manan. Kitin biasanya terdapat pada jamur dari berbagai filum seperti Basidiomycota, Ascomycota, dan Zygomycota, meskipun tidak semua jenis jamur mengandung kitin (Iber *et al.*, 2022). Produksi kitosan dari jamur memiliki banyak keunggulan dibandingkan sumber krustase. Kitosan jamur memiliki komposisi yang konstan, tersedia sepanjang tahun, hemat biaya, derajat deasetil lebih tinggi dan limbah dari hasil produksinya terbebas dari logam berat sehingga proses demineralisasi tidak diperlukan untuk pemurniannya (Abo Elsoud *et al.*, 2023).

Jamur dari kelompok Zygomycota mengandung jumlah kitin yang lebih besar jika dibandingkan dengan kelas jamur lainnya (Huq, T., *et al.*, 2022). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Chatterjee, S & Guha (2014) bahwa

jamur *Rhizopus oryzae* kelompok Zygomycota dapat menghasilkan kitosan yang cukup baik yaitu dengan derajat deasetilasi 87% dan berat biomassa maksimum 136 mg/g. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan jamur *Aspergillus niger* dari kelas Ascomycetes yaitu dengan derajat deasetilasi 83,64% dan berat biomassa 7,16 mg/g (Abdel *et al.*, 2017). *Agaricus bisporus* dari kelas Basidiomycetes dengan derajat deasetilasi sebesar 64,08% dan berat biomassa 40 mg/g (Fadhil, *et al.*, 2021). Penggunaan jamur *Rhizopus oryzae* menjadi salah satu pilihan yang tepat dalam produksi kitosan, dimana jenis jamur ini menghasilkan kitosan yang cukup baik dalam kondisi fermentasi yang optimal. Endrawati & Kusumaningtyas, (2017) menjelaskan bahwa jamur *Rhizopus oryzae* merupakan kapang yang dapat tumbuh menggunakan berbagai substrat termasuk limbah buah, sayuran serta produk olahan terfermentasi.

Media umum yang digunakan untuk menumbuhkan jamur yaitu PDA (*Potato Dextrose Agar*) dan PDB (*Potato Dextrose Broth*). Kedua media ini sering digunakan di laboratorium karena memiliki pH yang rendah, yaitu antara 4,5 hingga 5,6, yang efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri yang lebih menyukai lingkungan netral dengan pH sekitar 7,0. Selain itu, media ini juga memberikan suhu optimum untuk pertumbuhan jamur, yaitu antara 25 hingga 30° C (Yuliana dkk., 2022). Masalah yang muncul adalah karakter kitosan yang dihasilkan masih belum mencapai tingkat optimal. Kapang tumbuh dengan optimal pada substrat yang banyak mengandung karbohidrat. Karbohidrat dikenal sebagai sumber karbon yang terdapat dalam substrat yang berperan dalam memberikan nutrisi bagi pertumbuhan *Rhizopus sp* (Azzahra dkk., 2024). Miselium akan tumbuh lebih lebat pada substrat yang memiliki kandungan

karbohidrat lebih tinggi (Surbakti dkk., 2022). Rohmi dkk., (2019) menjelaskan bahwa sumber karbohidrat pada media PDA memiliki kandungan sebanyak 19,10 g. Menurut penelitian Priyanka, K., *et al* (2023) bahwa kitosan yang dihasilkan dari jamur *Aspergillus niger* yang ditumbuhkan pada media ekstrak limbah kulit pisang dengan kandungan karbohidrat sebesar 33,65 g memiliki derajat deasetilasi lebih tinggi yaitu 75% dibandingkan penelitian yang dilakukan oleh Elsoud *et. al.*, (2023) *Aspergillus terreus* yang ditumbuhkan pada media PDB memiliki derajat deasetilasi sebesar 71,9%. Hal ini telah dijelaskan di dalam Q.S Yunus ayat 61;

وَمَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتْلُوا مِنْهُ مِنْ قُرْآنٍ وَلَا تَعْمَلُونَ مِنْ عَمَلٍ إِلَّا كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُودًا إِذْ تُفِيضُونَ فِيهِ ۚ وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَبِّكَ مِنْ مِثْقَالِ ذَرَّةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي السَّمَاءِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ ﴿٦١﴾

Artinya: Engkau (Nabi Muhammad) tidak berada dalam suatu urusan, tidak membaca suatu ayat Al-Qur'an, dan tidak pula mengerjakan suatu pekerjaan, kecuali Kami menjadi saksi atasmu ketika kamu melakukannya. Tidak ada yang luput sedikit pun dari (pengetahuan) Tuhanmu, walaupun seberat zarah, baik di bumi maupun di langit. Tidak ada sesuatu yang lebih kecil dan yang lebih besar daripada itu, kecuali semua tercatat dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfuz)."

Lafadz ذَرَّةٌ menurut tafsir Ilmi kemenag (2015) berarti benda yang sangat kecil atau merujuk pada suatu organisme yang memiliki ukuran sangat kecil. Ayat ini mengajarkan bahwa hanya Allah SWT yang mengatur kehidupan makhluk renik yang begitu luas. Dunia mikroorganisme ini "tersembunyi" dari manusia, dan mereka tidak memiliki kendali atasnya. Dalam *Tafsir al-Misbah*, Prof. M. Quraish Shihab menjelaskan bahwa kata "dzarrah" dalam Al-Qur'an merujuk pada sesuatu yang sangat kecil, seperti kepala semut atau debu halus yang berterbangan.

Ayat tersebut menunjukkan adanya kemungkinan bentuk-bentuk kehidupan yang belum diketahui oleh manusia diantaranya mikroorganisme yang memiliki

ukuran sangat kecil; misalnya, bakteri hanya berukuran sekitar 0,2–0,5 mikron (1 mikron setara dengan seperseribu milimeter) dan spora jamur yang berukuran 3-6 mikron. Hal tersebut merupakan salah satu tanda kekuasaan Allah SWT. Sebagaimana jamur yang dapat tumbuh dari jasad makhluk hidup yang telah mati. Hal tersebut karena jamur memiliki kemampuan untuk mengubah dan menyerap zat atau hara yang terkandung dalam makhluk hidup yang telah mati tersebut. Selain itu jamur memperoleh nutrisi dengan menyerap lignoselulosa dari lingkungan sekitarnya, kemudian akan diubah menjadi selulase, ligninase dan hemiselulase berupa benang-benang halus yang disebut hifa. Menurut tafsir Prof. Quraish Shihab, ayat ini mengajarkan bahwa hal-hal sekecil apapun dalam hidup memiliki makna dan akan mendapatkan balasannya kelak di akhirat. Oleh karena itu, kajian terhadap mikroorganisme seperti fungi bukan hanya penting dari sisi keilmuan, tetapi juga mengandung nilai spiritual, karena mencerminkan kepedulian terhadap ciptaan Allah yang paling halus dan tersembunyi. Hal ini menunjukkan bahwa melalui perkembangan ilmu pengetahuan, pemanfaatan jamur yang ditumbuhkan pada limbah buah sebagai media dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan kitosan.

Indonesia merupakan negara tropis dimana tanaman pisang dapat tumbuh dengan baik. Pisang telah menjadi buah yang umum dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Salah satu jenis pisang di Indonesia yang banyak dikonsumsi adalah pisang ambon (*Musa acuminata*). Spesies ini dapat ditemukan di banyak daerah di Indonesia, harganya yang relatif murah menyebabkan spesies pisang ini banyak diminati oleh konsumen, dan limbah yang dihasilkan dari mengkonsumsi buah ini juga banyak. Berdasarkan data yang diperoleh dari BPS tahun 2023, Jawa Timur

menempati posisi pertama sebagai penghasil pisang terbanyak di Indonesia (BPS, 2023). Salah satu daerah penghasil pisang di Jawa Timur adalah Desa Sumberejo, Kecamatan Gedhangan, Kabupaten Malang (Wahyuni dkk., 2021). Pisang menjadi komoditas unggulan di Kecamatan Ngantang dan Gedangan, karena pada kecamatan ini menyumbang hasil produksi pisang yang paling besar di Kabupaten Malang dan pisang telah diekspor ke Kota Malang, Surabaya, Bali, dan tergantung pemesanan dari luar kota (Widhaswara & Sardjito, 2017). Jumlah Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) tingkat Kecamatan di Kota Malang (Unit) diketahui Kecamatan Blimbing tiap tahunnya meningkat dari tahun 2021 hingga 2023 sebesar 1459-5347 (BPS, 2023). Salepisangmalang merupakan salah satu UMKM di Kota Malang, Kecamatan Blimbing yang mengolah buah pisang menjadi beberapa produk.

Bahan alami berupa limbah buah menjadi pilihan alternatif dari penggunaan media PDA (*Potato Dextrose Agar*). Beberapa jenis limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai media alternatif antara lain kulit pisang, bonggol jagung, kulit singkong, dan limbah buah apel manalagi. Limbah kulit pisang mengandung 50,6% karbon tiap gram beratnya (Hatina dkk., 2020). Bonggol jagung mengandung karbon 41% selulosa dari 100 gram (Safitri dkk., 2024). Kulit singkong memiliki kandungan karbon sebesar 59,31% selulosa dari 100 gram, sedangkan limbah buah apel mengandung karbon 14,19% glukosa dari 100 gram (Gazali *et al.*, 2017). Kulit pisang mengandung gula sederhana dan gula kompleks yang bisa dimanfaatkan dalam metabolisme mikroorganisme sehingga kulit pisang bisa digunakan sebagai salah satu alternatif pengganti media kultur bagi mikroorganisme (Mulyawati dkk., 2019).

Penggunaan limbah kulit pisang dibandingkan limbah yang lain terletak pada kandungan karbon pada kulit pisang yang lebih besar dibandingkan dengan limbah yang lain. Meskipun kandungan karbon limbah kulit singkong lebih besar yaitu sebesar 59,31% (Gazali *et al.*, 2017). Namun nilai dari segi biomassa kering maupun nilai derajat deasetilasi lebih besar penelitian yang dilakukan oleh Priyanka, K., *et al* (2023) jamur *Aspergillus niger* yang difermentasikan dengan menggunakan ekstrak limbah kulit pisang selama 144 jam menghasilkan biomassa kering sebesar 200 mg dan nilai derajat deasetilasi sebesar 75%. Nilai yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan kitosan dari jamur jamur *Cunninghamella elegans* yang difermentasikan dengan menggunakan ekstrak limbah kulit singkong selama 3 hari menghasilkan biomassa kering sebesar 57,82 mg dan nilai derajat deasetilasi sebesar 82, 24% (Berger *et al.*, 2014).

Limbah kulit pisang ambon (*Musa acuminata*) menjadi salah satu solusi sebagai media pertumbuhan jamur dalam memproduksi kitosan. Semakin beragamnya produk olahan dari buah pisang, jumlah limbah yang dihasilkan oleh pengusaha olahan pisang juga turut meningkat. Limbah buah-buahan, termasuk pisang, mencakup sekitar 40% dari total berat buah. Sebagian besar kulit yang dikupas dari buah lebih sering dianggap sebagai limbah daripada dimanfaatkan atau dikonsumsi (Mulyawati dkk., 2019). Secara umum, kulit pisang belum dimanfaatkan secara optimal, biasanya hanya dibuang oleh pengusaha olahan pisang sebagai limbah organik atau dijadikan pakan ternak (Gurning, R. N. S., dkk., 2021). Limbah dari pisang salah satunya adalah kulit pisang yang pada umumnya mengandung selulosa (35%–50%), hemiselulosa (25% – 30%), dan lignin (25% – 30%) (Behera & Ray 2016).

Penggunaan media alternatif limbah kulit pisang sebagai sumber karbon yang penting bagi pertumbuhan jamur. Kulit pisang sebagai salah satu jenis biomassa memiliki potensi besar karena umumnya mengandung karbohidrat yang berperan sebagai sumber gula (Ilham dkk., 2014). Kandungan nutrisi limbah kulit pisang ambon (*Musa acuminata*) yaitu kadar air (8,45%), kadar abu (16,6%) serat (21,2%), protein (1,53%), kadar lemak (2,01%), karbohidrat (52,6%), dan kadar selulosa (34,61%). Kulit pisang ambon (*Musa acuminata*) memiliki potensi untuk dijadikan sumber karbon karena mengandung selulosa yang cukup banyak dan serat yang cukup besar dibandingkan dengan varietas yang lain (Yanti *et al.*, 2023). Hal ini dijelaskan pada penelitian Hidayat, dkk., (2016) sumber karbon pada limbah kulit pisang *Musa paradisiaca* berupa karbohidrat sebesar 18,50. Sumber karbon (C) pada kulit pisang *Musa balbisiana* berupa 10-21% pektin, 6-12% lignin, 7,6-9,6% selulosa dan 6,4-9,4% hemiselulosa (Fadlilah, dkk., 2022). Pada media limbah kulit pisang yang mengandung karbohidrat, jamur *Rhizopus oryzae* akan menghasilkan enzim α -amilase untuk memecah amilum menjadi glukosa. Glukosa ini kemudian diserap oleh jamur sebagai sumber nutrisi. Nutrien hanya bisa dimanfaatkan setelah jamur melepaskan enzim-enzim ekstraseluler berupa karbohidrase dan protease yang mampu menguraikan senyawa kompleks pada substrat menjadi molekul yang lebih sederhana (Muthmainnah dkk., 2019).

Kitosan dapat dikarakterisasi melalui beberapa parameter seperti derajat deasetilasi, berat molekul, dan kandungan residu protein. Namun parameter yang paling penting dalam karakterisasi kitosan adalah derajat deasetilasi. Derajat deasetilasi diartikan sebagai rasio antara jumlah unit D-glukosamin dengan unit N-asetilglukosamin dan D-glukosamin. Derajat deasetilasi memengaruhi berbagai

sifat fisik, kimia, dan biologis kitosan, seperti ikatan asam-basa, kemampuan elektrostatik, biodegradabilitas, agregasi, sifat penyerapannya, serta kemampuan mengikat ion logam. Selain itu, derajat deasetilasi juga menentukan jumlah gugus amino bebas dalam polisakarida, yang memengaruhi sifat kationiknya di lingkungan pH asam. Derajat deasetilasi membantu membedakan kitosan dari kitin, karena proses deasetilasi melibatkan penghilangan gugus asetil pada rantai molekul kitin, yang kemudian menyisakan gugus amino primer (-NH₂). Kitosan memiliki fungsionalitas yang lebih baik karena adanya gugus amino yang reaktif. Semakin tinggi derajat deasetilasi (DD), semakin banyak gugus amino bebas yang dapat menerima ion hidrogen dalam lingkungan asam (Weißpflog *et al.*, 2021). Menurut Pellis, (2022) menjelaskan apabila derajat deasetilasinya kurang dari 50% maka diklasifikasikan sebagai kitin, sedangkan apabila derajat deasetilasinya lebih dari 50%, maka diklasifikasikan sebagai kitosan. Beberapa jenis metode yang dapat digunakan untuk menghitung derajat deasetilasi yaitu spektroskopi sinar-X, spektroskopi inframerah (IR) dan UV-Vis, spektrometri massa (MS), dan spektroskopi resonansi magnetik nuklir (NMR) (Kumirska *et al.*, 2010).

FTIR (*Fourier Transform Infrared*) merupakan metode yang banyak digunakan untuk mengetahui vibrasi molekul yang dapat digunakan untuk mengkarakterisasi struktur senyawa kimia (Sulistyani & Nuril, 2018). Keunggulan metode FTIR (*Fourier Transform Infrared*) yaitu metode yang dapat digunakan dengan sangat praktis, akurat, cepat dan murah serta hanya membutuhkan sampel yang sedikit (Suseno & Firdausi, 2008). Prinsip kerja FTIR yaitu mengkarakterisasi gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah yang melewati celah sampel. Sebagian sinar infrared diserap oleh sampel, dan sebagian

lainnya melewati permukaan sampel hingga mencapai detektor. Sinyal yang dihasilkan kemudian dikirim ke komputer dan direkam dalam bentuk puncak-puncak spektrum (Sari dkk., 2018). Setha dkk., (2019) menjelaskan bahwa cara perhitungan metode ini dilakukan dengan mengukur puncak tertinggi dan dicatat dari garis yang diperoleh. Spektrum yang diambil pada daerah bilangan gelombang 4000-500 cm^{-1} . Pengukuran derajat deasetilasi dengan menggunakan metode base line pada hasil FTIR pada nilai absorbansi 1655 cm^{-1} dan 3450 cm^{-1} .

Limbah buah kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai substrat melalui dua metode, yaitu fermentasi padat (*Solid-state fermentation*) dan fermentasi cair (*Submerged fermentation*) (Huq *et al.*, 2022). Fermentasi cair adalah proses inokulasi mikroorganisme dalam media cair yang menyediakan semua nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan dan aktifitas metabolisme (Amobonye *et al.*, 2023). Fermentasi cair (SmF) dianggap lebih unggul dibandingkan fermentasi padat (SSF) karena fermentasi cair (SmF) menghasilkan produksi biomassa yang tinggi dalam volume yang lebih kecil, waktu yang lebih singkat, dan kontrol kontaminasi yang lebih tinggi (Antunes *et al.*, 2020). Sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa ekstrak limbah buah kulit pisang digunakan sebagai bahan sumber karbon pertumbuhan jamur *Aspergillus niger* yang dilakukan melalui proses fermentasi cair. Hasil menunjukkan bahwa media kulit pisang yang dilakukan melalui fermentasi cair selama 144 jam memiliki pengaruh yang signifikan pada hasil kitosan jamur yaitu sebesar 200 mg/L, peningkatan 4,4 kali lipat dibandingkan media yang tidak dioptimalkan menggunakan limbah buah kulit pisang yaitu sebesar 45 mg/L (Priyanka, K., *et al.*, 2023).

Berdasarkan uraian diatas, limbah buah kulit pisang berpotensi sebagai sumber karbon untuk menghasilkan kitosan dari jamur *Rhizopus oryzae*. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah kuit pisang sebagai sumber karbon yang berpotensi sebagai substrat pertumbuhan jamur *Rhizopus oryzae* untuk menghasilkan kitosan dengan menggunakan metode fermentasi (SmF). Hasil kitosan yang diperoleh dikarakterisasi derajat deasetilasinya menggunakan metode *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy* (FTIR).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah variasi konsentrasi substrat limbah kulit pisang sebagai sumber karbon berpengaruh terhadap biomassa kitosan dari jamur *Rhizopus oryzae*?
2. Bagaimana karakteristik kitosan jamur *Rhizopus oryzae* berdasarkan nilai derajat deasetilasi menggunakan metode *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy* (FTIR)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi substrat limbah kulit pisang sebagai sumber karbon terhadap biomassa kitosan dari jamur *Rhizopus oryzae*.
2. Untuk mengetahui karakteristik kitosan jamur *Rhizopus oryzae* berdasarkan nilai derajat deasetilasi menggunakan metode *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy* (FTIR).

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Peneliti

Manfaat dari penelitian ini yaitu memberi wawasan pengembangan pengetahuan dalam memproduksi kitosan yaitu dari jamur *Rhizopus oryzae* dengan memanfaatkan sumber daya alam dari limbah kulit pisang sebagai media substrat.

1.4.2 Bagi Masyarakat

Manfaat penelitian ini yaitu memberikan informasi bagi masyarakat mengenai solusi ramah lingkungan dengan mengurangi volume limbah organik yang belum dimanfaatkan dengan baik. Selain itu penelitian ini dapat membuka peluang bagi pengembangan produk kitosan yang lebih terjangkau dan dapat diakses oleh masyarakat.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Jamur *Rhizopus oryzae* diperoleh dari koleksi CV. Wiyasa Mandiri.
2. Limbah kulit pisang diperoleh dari UMKM “Salepisangmalang” Kecamatan Blimbing, Kota Malang.
3. Pisang yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pisang Ambon (*Musa acuminata*)
4. Karakterisasi kitosan berdasarkan derajat deasetilasi dengan metode FTIR (*Fourier Transform Infrared-spectroscopy*).
5. Metode fermentasi kitosan menggunakan metode fermentasi cair (SmF).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jamur *Rhizopus oryzae*

2.1.1 Taksonomi Jamur *Rhizopus oryzae*

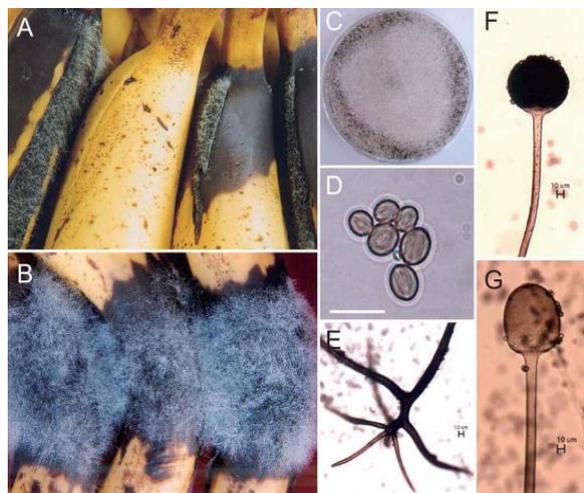
Klasifikasi *R. oryzae* menurut Crognale *et al.*, (2022) yaitu:

Kingdom	: Fungi
Class	: Zygomycota
Ordo	: Mucorales
Family	: Mucoraceae
Genus	: <i>Rhizopus</i>
Species	: <i>Rhizopus oryzae</i>

2.1.2 Karakteristik *Rhizopus oryzae*

R. oryzae merupakan jamur berfilamen yang diklasifikasikan dalam ordo Mucorales dalam filum Zygomycota. *R. oryzae* adalah jamur yang tersebar luas di alam dan sering ditemukan pada bahan organik yang sedang membusuk. Jamur ini mampu tumbuh pada berbagai sumber karbon, seperti gliserol, etanol, asam laktat, serta berbagai gula seperti glukosa, manosa, fruktosa, sukrosa, dan xilosa. Selain itu, *R. oryzae* juga dapat memanfaatkan selobiosa, asam lemak, dan minyak sebagai sumber nutrisinya. Jamur ini juga mampu tumbuh dalam rentang suhu yang luas (hingga 40°C) dan kisaran pH yang lebar (4 hingga 9). Hal ini menunjukkan daya tahan yang kuat dan potensi besar untuk digunakan dalam berbagai keperluan. (Meussen *et al.*, 2012). Karakter morfologi secara makroskopis pada awal pertumbuhannya berwarna putih, kemudian berubah menjadi abu-abu kecokelatan hingga abu-abu kehitaman, dan menyebar dengan cepat melalui stolon yang memanjang ke berbagai arah pada substrat yang dibantu

oleh rhizoid. Suhu optimal untuk pertumbuhan miselium adalah 30°C. Sporangia berbentuk bulat, awal pertumbuhannya berwarna putih dan kemudian berubah menjadi hitam dengan banyak spora berukuran antara 30 hingga 200 µm. Sporangiospora berbentuk setengah bulat atau oval, dapat juga berbentuk tidak beraturan, dengan permukaan beralur, dan berukuran 4 hingga 10 µm. Rhizoid berwarna kecokelatan dan tumbuh bercabang, berlawanan arah dengan sporangiofor. Namun, sporangiofor juga bisa muncul langsung dari stolon tanpa adanya rhizoid. Sporangiofor dapat tunggal atau dapat bercabang, berdiameter 8 hingga 20 µm, tidak bersekat dan muncul dari stolon yang berlawanan dengan rhizoid, biasanya berkelompok 3 hingga 5 atau lebih. Kolumela berbentuk bulat dengan permukaan agak kasar dan berukuran antara 90 hingga 110 µm (Kwon *et al.*, 2012).



Gambar 2.1 Jamur *Rhizopus oryzae* (A & B) Buah pisang, (C) Media PDA, (D) Sporangiospora (skala bar = 10 µm) (E) Rhizoid, (F) Sporangium dan sporangiospora, (G) Kolumela (Kwon *et al.*, 2012).

2.1.3 Peran Jamur *Rhizopus oryzae*

Jamur *R. oryzae* dapat menghasilkan berbagai produk bernilai tinggi seperti enzim, asam laktat, obat antimikroba, etanol dll. *R. oryzae* tidak bersifat

pathogen, tidak mengandung mikotoksin dan juga digunakan dalam industri makanan. Sebagai anggota kelas Zygomycota, jamur ini memiliki kitin dalam dinding selnya. Dengan bantuan enzim kitin deasetilase, *R. oryzae* menghasilkan kitosan, yang dikenal sebagai bahan penyerap dengan kemampuan penyerapan yang sangat baik (Beliaeva *et al.*, 2020). Aplikasi kitosan jamur telah berkembang pesat karena kitosan jamur memiliki sifat unik dengan struktur kimia yang stabil dan bersifat polikationik, tidak berbahaya, tidak beracun, biodegradabel, serta biokompatibel dengan berbagai organ, jaringan, dan sel. Molekul kitosan aktif secara fisik dan biologis, serta dapat dimodifikasi secara kimiawi atau enzimatik untuk keperluan tertentu. Kitosan telah digunakan sebagai bahan tambahan makanan, agen pengolahan air limbah, untuk enkapsulasi sel hidup, immobilisasi enzim, agen anti-kolesterol, serta untuk penyembuhan luka atau pembalut medis, dan sebagai eksipien obat dalam industri farmasi (Huq *et al.*, 2022). Keuntungan memperoleh kitin dan kitosan dari jamur termasuk kualitas bahan baku yang konsisten, kemampuan mengendalikan kondisi budidaya, pengurangan biaya produksi penyerap, serta pemanfaatan limbah dengan menghasilkan produk tambahan yang berharga (Beliaeva *et al.*, 2020). Oleh karena itu, jamur ini dianggap sebagai subyek yang potensial untuk penelitian ilmiah dan aplikasi industri. Jamur dari kelompok Zygomycota yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk produksi kitosan meliputi *Rhizopus arrhizus*, *Mucor racemosus*, *Mucor rouxii*, *Gongronella butleri*, dan lain-lain. Jamur *Rhizopus oryzae* merupakan salah satu jenis jamur kelompok Zygomycota yang paling berpotensi untuk dijadikan sumber kitin dalam produksi kitosan berdasarkan pada biomassa

dan derajat deasetilasi kitosan. Ghormade *et al.*, (2017) bahwa perbedaan karakter kitosan pada beberapa spesies yaitu:

Tabel 2.1 Potensi jamur Zygomycota dalam produksi kitosan.

Spesies Jamur	Nilai Biomassa Kitosan (g/kg)	Nilai Derajat Deasetilasi (%)
<i>Absidia glauca</i>	59	76
<i>Cunnighamella bertholletiae</i>	55	88
<i>Gongronella butleri</i>	40	89
<i>Mucor racemosus</i>	60	83
<i>Mucor rouxii</i>	35	70
<i>Rhizopus arrhizus</i>	29	86
<i>Rhizopus oryzae</i>	58	89

Sumber: (Ghormade *et al.*, 2017)

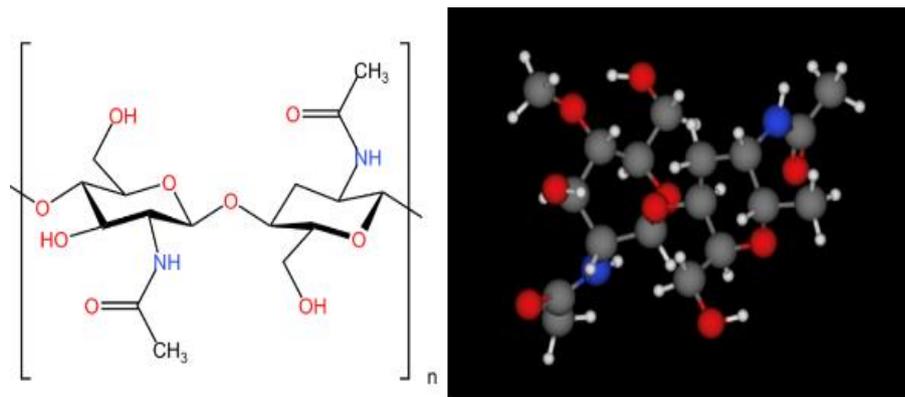
2.2 Komponen Dinding Sel Fungi

Komponen utama dinding sel jamur terdiri dari kitin, kitosan, glukon, glikoprotein, dan manan. Kitin tidak ditemukan pada semua spesies jamur, tetapi banyak terdapat pada berbagai kelas jamur seperti Basidiomycota, Ascomycota, Zigomycota, dan Kitridiomycota, dan menyumbang sekitar 1-15% dari total massa dinding sel. Semua komponen dinding sel jamur terhubung melalui ikatan kovalen. Kitin membentuk ikatan hidrogen antar rantai dengan glukon, membentuk matriks glukon/kitin yang dapat menyatu menjadi mikrofibril yang berfungsi sebagai perancah di sekitar sel. Berbeda dengan krustase, kitosan dapat diekstraksi langsung dari dinding sel beberapa spesies jamur. Spesies yang paling sering dipelajari untuk tujuan ini adalah *Mucor rouxii*, *Absidia* spp., dan *Rhizophus oryzae*, yang termasuk dalam Zygomycetes, serta jamur *Aspergillus niger* (Ascomycetes) dan *Lentinus edodes* (Basidiomycota). Jamur merupakan sumber kitosan dan kitin yang tersedia sepanjang tahun dan tidak bergantung pada faktor geografis. Proses ekstraksi kitin dari jamur membutuhkan lebih sedikit

bahan kimia karena biasanya tidak diperlukan proses penghilangan mineral atau pemutihan. Selain itu, kitin dan kitosan dari jamur biasanya bebas dari kontaminan seperti logam berat atau protein alergenik yang sering ditemukan pada sumber laut. Selain itu, kitin dan kitosan jamur memiliki karakteristik dan sifat yang lebih konsisten karena produksinya melalui fermentasi yang terkendali (Hemmami *et al.*, 2024).

2.3 Biosintesis Kitin Pada Dinding Sel Fungi

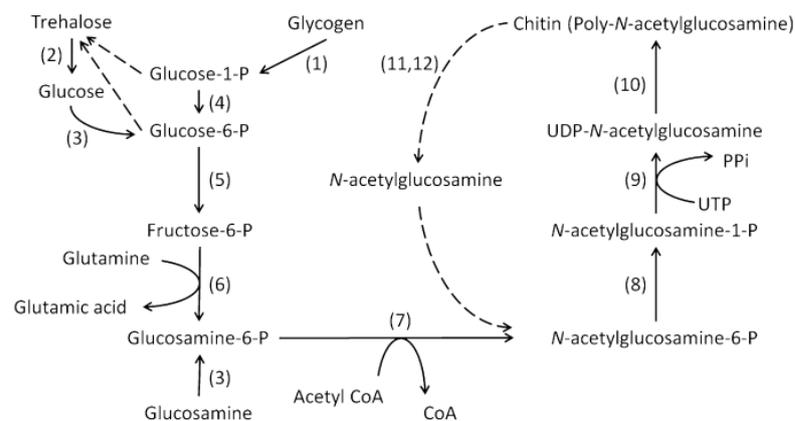
Kitin, atau poli (β -(1 \rightarrow 4)-N-asetil-D-glukosamin) biopolimer ini dihasilkan oleh banyak organisme dan merupakan salah satu polimer alami yang paling melimpah setelah selulosa. Kitin berbentuk serat mikrofibril kristal yang teratur dan berfungsi sebagai bagian struktural dalam rangka luar hewan seperti serangga (arthropoda) atau di dinding sel jamur dan ragi. Proses ekstraksi kitin pada industri dilakukan melalui beberapa langkah. Pertama, deproteinasi menggunakan larutan alkali untuk melarutkan protein. Kedua, demineralisasi menggunakan asam untuk melarutkan kalsium karbonat. Selanjutnya, dekolorisasi untuk menghilangkan pigmen sehingga diperoleh kitin murni yang tidak berwarna. Proses ini harus disesuaikan dengan asal sumber kitin, karena setiap sumber kitin memiliki struktur yang berbeda, sehingga diperlukan perlakuan khusus untuk mendapatkan kitin berkualitas tinggi (Younes & Rinaudo, 2015). Proses isolasi kitin bisa dilakukan dengan dua macam metode, yaitu metode enzimatik dan metode kimiawi. Metode enzimatik menggunakan enzim protease dan fermentasi asam laktat, sementara metode kimiawi melibatkan penggunaan senyawa asam dan basa (Afriani *et al.*, 2017).



Gambar 2.2 Struktur Kitin (*N*-acetyl-*D*-glucosamine) (Wu, H & Yi, T., 2023)

Dinding sel jamur terdiri dari komponen-komponen seperti glukosa, kitin, kitosan, mannan dan galaktomanan, serta glikoprotein. Berbagai jenis glukosa telah diidentifikasi pada dinding sel jamur, termasuk β -1,3-, campuran β -1,3-/ β -1,4-, β -1,6-, dan α -1,3-glukosa (Free, 2013). Proses sintesis kitin pada jamur dimulai dengan glikogen yang diubah menjadi glukosa-1-fosfat oleh enzim glikogen fosforilase, yang kemudian digunakan dalam proses glikolisis atau untuk sintesis kitin. Trehalosa pada gilirannya dapat dimobilisasi melalui hidrolisis menjadi glukosa yang dikatalisis oleh trehalase. Konversi glukosa menjadi fruktosa-6-P melibatkan heksokinase (EC 2.7.1.1), fosfoglukomutase (EC 5.4.2.2), dan glukosa-6-P isomerase (EC 5.3.1.9). Tahap biosintesis kitin bercabang dari fruktosa-6-fosfat, dengan enzim pertama yang mengkatalisis cabang ini adalah glutamin-fruktosa-6-fosfat amidotransferase (GFAT, EC 2.6.1.16). Reaksi yang dikatalisis oleh GFAT mengubah fruktosa-6-fosfat menjadi glukosamin-6-fosfat dengan mentransfer amonia dari ko-substrat, yaitu glutamin, dan melakukan isomerisasi pada fruktosamin-6-fosfat yang dihasilkan. Selanjutnya, glukosamin-6-fosfat asetiltransferase (EC 2.3.1.4) menambahkan gugus asetil dari koenzim A untuk menghasilkan *N*-asetilglukosamin (GlcNAc)-6-fosfat. Fosfat dari GlcNAc-

6-fosfat kemudian dipindahkan dari posisi C-6 ke posisi C-1 melalui reaksi yang dikatalisis oleh fosfoasetilglukosamin mutase (EC 5.4.2.3), menghasilkan GlcNAc-1-fosfat. Terakhir, GlcNAc-1-fosfat diuridinilasi oleh pirofosforilase UDP-GlcNAc (EC 2.7.7.23), menghasilkan UDP-GlcNAc yang berfungsi sebagai substrat untuk sintase kitin (CHS, EC 2.4.1.16). Sintase kitin adalah glikosiltransferase integral membran yang mentransfer bagian gula dari UDP-GlcNAc ke rantai kitin yang sedang tumbuh. Kitin dapat didegradasi oleh kitinase (EC 3.2.1.14) dan N-asetilglukosaminidase (EC 3.2.1.52), yang menghasilkan GlcNAc yang dapat digunakan kembali untuk biosintesis kitin (Merzendorfer, 2011).



Gambar 2.3 Biosintesis Kitin (Merzendorfer, 2011).

2.4 Pisang ambon (*Musa acuminata*)

2.4.1 Taksonomi pisang ambon (*Musa acuminata*)

Klasifikasi *M. acuminata* menurut Putri dkk., (2023) yaitu:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Class	: Liliopsida
Ordo	: Zingiberales
Family	: Musaceae
Genus	: Musa
Species	: <i>Musa acuminata</i>

2.4.2 Karakteristik Pisang Ambon (*Musa acuminata*)

Buah pisang merupakan salah satu buah yang melimpah di Indonesia karena kondisi iklim yang mendukung pertumbuhannya. Iklim tropis Indonesia dengan curah hujan dan suhu yang stabil membuat buah ini dapat tumbuh dengan baik dan tersedia dalam jumlah besar sepanjang tahun (Arifki dkk., 2018). Pisang ambon (*Musa acuminata*) adalah salah satu buah yang sering dikonsumsi setiap hari, baik dimakan langsung maupun diolah menjadi berbagai produk khusus, sehingga menjadi lebih diminati oleh masyarakat. Secara morfologi, tanaman pisang terdiri dari akar (Radix), batang (Caulix), daun (Folium), bunga (Flos), buah (Fructus), dan biji (Semen). Berbagai bagian dari tanaman pisang telah banyak dimanfaatkan, terutama buahnya yang paling sering digunakan. Buah pisang dapat dimakan langsung atau diolah menjadi berbagai produk makanan seperti keripik pisang, selai pisang, pisang goreng, dan lain-lain. Namun, hanya

daging buah yang digunakan dalam proses pengolahan, sehingga menghasilkan limbah berupa kulit pisang (Sariamanah dkk., 2016).



Gambar 2.4 Morfologi pisang ambon, (a) Morfologi pisang utuh, (b) Pangkal daun, (c) Bentuk buah pisang (Zulkifli dkk., 2023)

Karakteristik morfologi Pisang ambon memiliki bentuk batang yang cenderung umum. Batang menjulang hingga 2-2,5 m, memiliki buah dengan warna hijau (belum matang) dan warna cenderung kekuningan apabila sudah cukup matang. Bentuk daunnya tegak, dan memiliki panjang buah 16-20 cm dan memiliki warna daging buah cenderung putih kekuningan (Arifki, H. H., dkk., 2018). Buah berukuran sedang dengan ujung berbentuk leher botol, memiliki kulit tipis berwarna kuning cerah ketika matang. Daging buahnya berwarna kekuningan dan mengandung banyak biji (Hapsari, 2014). Berat tangan pisang ambon 500-1000 g, berat buah individu 76-200 g, panjang buah 16-20 cm, dan tebal kulit, 2 mm (Hapsari, L & Lestari, D. A., 2016). Jumlah sisir pertandan pisang ambon berjumlah 7 dan diameter buah sebesar 3,85 m (Sariamanah dkk., 2016).

2.4.3 Kandungan Limbah kulit pisang

Produksi pisang Indonesia pada tahun 2019 adalah 7.280.658 ton dan 43.436 ton diantaranya merupakan Kota Malang. Sebanyak 10% dari total produksi pisang di Indonesia dimanfaatkan sebagai komoditas ekspor, sementara

90% lainnya digunakan untuk konsumsi dalam negeri. (Hutapea dkk., 2021). Kulit pisang merupakan limbah dari pengolahan makanan yang memanfaatkan buah pisang sebagai bahan utama, terutama jenis pisang raja, pisang bangka, pisang kepok, dan pisang ambon. Setelah daging buah pisang digunakan, kulitnya seringkali hanya dibuang sehingga menghasilkan limbah kulit yang cukup besar, sekitar sepertiga dari berat buah pisang utuh sebelum dikupas. dan belum dimanfaatkan sebagai bahan untuk produk lain yang memiliki nilai ekonomi (Seliawati dkk., 2020). Kulit pisang mengandung senyawa-senyawa seperti sulfur, nitrogen, serta komponen organik seperti selulosa, hemiselulosa, galaktosa, arabinosa, dan asam rhamnosa. Kandungan nutrisi limbah kulit pisang ambon (*Musa acuminata*) yaitu kadar air (8,45%), kadar abu (16,6%) serat (21,2%), protein (1,53%), kadar lemak (2,01%), karbohidrat (52,6%), dan kadar selulosa (34,61%) (Yanti *et al.*, 2023). Buah pisang merupakan sumber gizi yang kaya, mengandung berbagai nutrisi seperti air, gula, protein, lemak, vitamin, dan mineral. Selain itu, pisang juga memiliki kandungan tanin, fosfor, zat besi, seng, magnesium, dan pati. Pati dapat diuraikan menjadi gula sederhana oleh mikroorganisme, terutama jamur, yang kemudian menjadi sumber nutrisi utama bagi mikroorganisme tersebut (Muthmainnah dkk., 2019). Kulit pisang sebagai salah satu jenis biomassa memiliki potensi besar karena umumnya mengandung karbohidrat yang berperan sebagai sumber gula (Ilham dkk., 2014). Allah menyebutkan beragam jenis pohon dan buah yang dapat dimanfaatkan oleh manusia, baik untuk keperluan pribadi seperti dikonsumsi langsung atau diambil sarinya sebagai minuman, maupun untuk keperluan ekonomi seperti dijual buahnya atau produk olahannya. Manusia hidup di dunia dengan memanfaatkan

ciptaan Allah sebagai sumber rezeki dan kebutuhan hidupnya. Sangatlah rendah moral seseorang jika hanya menikmati apa yang diberikan tanpa menjaga kelestariannya. Dunia ini terdiri dari tanah, langit, air, hujan, laut, gunung, dan segala isinya. Alam ini memang diciptakan untuk melayani, mendukung, dan bermanfaat bagi manusia. Namun demikian, ajaran Islam khususnya, sebagaimana tercantum dalam Al-Qur'an dan Sunah memberikan prinsip-prinsip yang tegas dan jelas dalam memperlakukan lingkungan, seperti *tauhid*, *amanah*, *islah*, *rahmah*, *adalah*, *iqtisad*, *hirasah*, *hafazah*, dan lain-lain. Dalam konteks pemeliharaan lingkungan Al-Qur'an mengingatkan hambanya sebagai berikut:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ



Artinya: Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar) (Q.S Ar-Rūm/30: 41).

Lafadz *ifsād* yang berarti kerusakan, ditemukan banyak dalam Al-Qur'an dengan jumlah 50 ayat. Menurut tafsir Ilmi kemenag (2009) peran manusia dalam Islam sebagai khalifah atau pemimpin sebenarnya bukan hanya sebagai penguasa di bumi, tetapi juga untuk menjaga dan memakmurkan bumi. memahami peran kekhalifahan ini adalah langkah penting dalam melestarikan lingkungan hidup yang semakin rusak dan mencegah kehancuran dunia karena gelar khalifah sering dibahas dalam kaitannya dengan tanggung jawab manusia terhadap pemeliharaan seluruh alam semesta.

Pemanfaatan limbah kulit buah-buahan secara tersirat dijelaskan dalam surah Q.S. al-An'am (6): 99 yang berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً ۖ فَأَخْرَجْنَا بِهِ ۖ نَبَاتٍ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرَجُ مِنْهُ
حَبًّا مُتَرَاكِبًا ۖ وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ
مُتَشَابِهٍ ۗ انظُرُوا إِلَىٰ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ

Artinya: "Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman" (Q.S. al-An'am 6: 99).

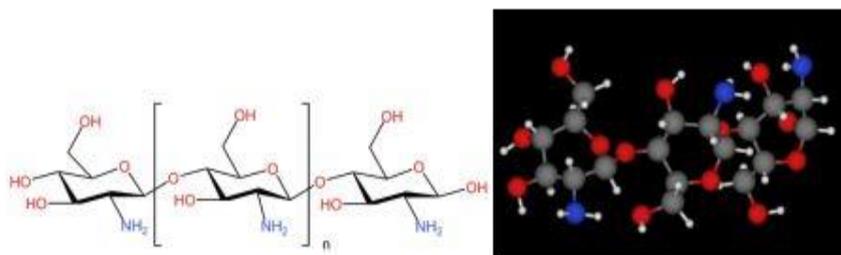
Kata "nakhli" berarti kurma, menurut para penyusun tafsir kementerian agama RI (2012), dijelaskan beragam manfaat dari buah kurma seperti memakannya dalam bentuk segar dan kering, bijinya menjadi makanan unta, manfaat lain juga dapat diperoleh dari batang, daun, pelepah dan serat kurma.

Pohon kurma memiliki kemiripan dengan pohon kelapa atau pisang di Indonesia, karena seluruh bagian pohonnya dapat dimanfaatkan menjadi produk bernilai ekonomi. Ayat tersebut memberikan inspirasi bagi masyarakat, khususnya masyarakat Indonesia, dalam mengembangkan UMKM dengan melakukan pengolahan buah menjadi banyak ragam. Seperti pisang yang dapat dioleh menjadi aneka hidangan, gorengan, maupun dibentuk menjadi keripik aneka rasa. Akan tetapi, semakin beragamnya produk olahan dari buah pisang, jumlah limbah yang dihasilkan oleh pengusaha olahan pisang juga turut meningkat. Secara umum, kulit pisang belum dimanfaatkan secara optimal, biasanya hanya dibuang oleh pengusaha olahan pisang sebagai limbah organik. Oleh karena itu manusia sebagai khalifah yang memiliki segudang kelebihan ini dapat memanfaatkan

sumber daya alam di bumi ini dengan sebaik mungkin. Salah satunya dengan memanfaatkan limbah kulit pisang sebagai media pertumbuhan jamur *Rhizopus oryzae* untuk memproduksi kitosan.

2.5 Kitosan

Kitosan merupakan kelompok polisakarida linier yang terdeasetilasi dari kitin yang terdiri dari sejumlah residu N-asetil-2 amino-2-deoksi-D-glukosa (glukosamin, GlcN) dan 2-amino-2-deoksi-D-glukosa (N-asetilglukosamin, GlcNAc) yang saling terhubung melalui ikatan ($\beta 1 \rightarrow 4$). Kitosan adalah satu-satunya polimer bermuatan positif yang ditemukan secara alami, dan kerapatan muatannya bergantung pada derajat asetilasi serta pH lingkungan. Kelarutan kitosan dipengaruhi oleh derajat asetilasi dan berat molekul. Kitosan dengan berat molekul rendah (oligomer) dapat larut dalam berbagai tingkat pH, dari asam hingga basa (pH 7,4). Namun, kitosan dengan berat molekul tinggi hanya larut dalam larutan asam meskipun memiliki tingkat deasetilasi yang tinggi (Aranaz, I., *et al.*, 2021). Termasuk asam laktat, asam asetat, asam format, asam sitrat, asam sulfonat, asam p-toluena sulfonate dan dimetil sulfoksida (Abourehab *et al.* 2022).



Gambar 2.5 Struktur Kitosan (Wu, H & Yi, 2023)

Kitosan, polisakarida yang berasal dari deasetilasi kitin, memiliki berbagai aplikasi pada berbagai bidang seperti ilmu pangan, pertanian, kosmetik, bioteknologi, dan obat-obatan karena sifatnya yang tidak patogen,

biokompatibilitas, biodegradabilitas dan terbarukan. Sifat-sifat ini menjadikan kitosan sangat bermanfaat dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam pengolahan air untuk menghilangkan zat warna, protein, dan ion logam. Selain itu, senyawa ini digunakan dalam bisnis makanan untuk tujuan seperti manajemen berat badan, suplementasi nutrisi, dan sebagai pelapis antioksidan. dalam sektor industri seperti industri kertas dan tekstil (Hemmami *et al.*, 2024).

2.5.1 Bidang Aplikasi Kitosan

Kitosan dimanfaatkan dalam berbagai bidang, mulai dari bidang pertanian hingga teknologi tingkat lanjut seperti bioteknologi dan nanoteknologi (Tabel 2.5.1)

Tabel 2.5.1 Bidang Aplikasi Kitosan

Bidang aplikasi	Fungsi
Pengolahan Air Limbah	Penghapusan ion logam, flokulan/koagulan, protein, pewarna, asam amino
Industri Makanan	Penghapusan pewarna, padatan tersuspensi, pengawet, stabilisasi warna, penstabil makanan, pengental dan zat pembentuk gel, aditif pakan ternak, dll.
Medis	Penyembuhan luka dan tulang, kontrol kolesterol darah, luka bakar kulit, lensa kontak, jahitan bedah, penghambat plak gigi, agen pembekuan darah, dll.
Pertanian	Pelapisan benih, pupuk, pelepasan bahan kimia pertanian yang terkendali
Kosmetik	Pelembab, krim wajah, tangan, dan tubuh, losion mandi
Bioteknologi	Imobilisasi enzim, pemisahan protein, pemulihan sel, kromatografi

Sumber: (Korma, et al., 2016).

2.5.1.1 Dalam Industri Makanan

Industri pengolahan makanan secara luas memanfaatkan polisakarida dalam proses pengembangan dan pembuatan produk makanan untuk memperoleh sifat fungsional tertentu, seperti kemampuan mengentalkan, membentuk gel, mengemulsi, dan mengocok. Kitosan, sebagai salah satu jenis polisakarida, juga diketahui memiliki sejumlah karakteristik khas. Salah satunya adalah kemampuan menyerap air yang sangat baik, bahkan terbukti secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan selulosa mikrokristalin.

Pada tahun 2016, para peneliti memperkenalkan plastik pembungkus berbahan dasar kitosan yang mampu memperpanjang masa simpan berbagai jenis makanan hingga dua kali lipat. Plastik ini juga diperkaya dengan ekstrak biji jeruk bali, yang dikenal memiliki sifat antimikroba, termasuk antibakteri, antijamur, dan antivirus. Lapisan film tersebut mampu menghalangi sinar ultraviolet, sehingga memperlambat proses oksidasi dan kerusakan akibat cahaya. Selain ramah lingkungan, plastik ini dibuat dari bahan baku yang awalnya dianggap limbah dan dapat terurai secara alami setelah dibuang.

Sejumlah penelitian telah membuktikan bahwa kitosan efektif digunakan dalam proses koagulasi dan pemisahan padatan tersuspensi dari limbah yang dihasilkan oleh industri unggas, makanan laut, dan sayuran. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kitosan mampu mengurangi kandungan padatan tersuspensi dalam limbah pengolahan makanan hingga 70–98%. Selain itu, kitosan juga terbukti efisien dalam proses pengeringan lumpur aktif yang berasal dari pengolahan biologis limbah industri seperti pabrik bir dan pengalengan sayuran.

2.5.1.2 Dalam Pengolahan Air Limbah

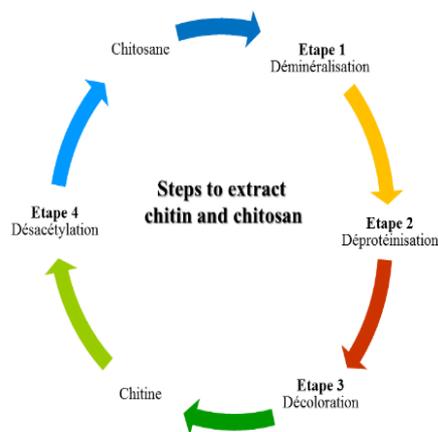
Air limbah yang dihasilkan dari pabrik pengolahan makanan—seperti industri makanan laut, susu, atau daging—biasanya mengandung kadar protein tinggi yang dapat dimanfaatkan kembali dengan bantuan kitosan. Protein yang berhasil diekstraksi ini, setelah melalui proses pengeringan dan sterilisasi, dapat dijadikan bahan tambahan pakan ternak yang bernilai tinggi. Selain itu, kitosan juga efektif dalam pengolahan lumpur dari limbah perkotaan dan industri, berkat kemampuannya dalam mengondisikan lumpur dengan baik, kemampuan biodegradasi yang cepat di tanah, serta efisiensi ekonomis dalam proses pengeringan lumpur menggunakan metode sentrifugal.

2.5.1.3 Bidang Medis

Kitosan memiliki sejumlah sifat biofarmasi yang menguntungkan, seperti respons terhadap perubahan pH, kompatibilitas yang baik dengan tubuh (biokompatibilitas), serta tingkat toksisitas yang rendah. Selain itu, kitosan dapat didegradasi secara biologis dan dimetabolisme oleh enzim tertentu dalam tubuh manusia, terutama lisozim. Berkat karakteristik positif tersebut, ketertarikan terhadap penggunaan kitosan dan turunannya dalam sistem penghantaran obat terus meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Kitosan telah diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk penyembuhan luka dan regenerasi tulang, pengendalian kadar kolesterol, perawatan luka bakar, produksi lensa kontak, benang jahit bedah, pencegahan plak gigi, serta sebagai agen pembekuan darah.

2.5.2 Proses Ekstraksi Kitosan

Kitin ditemukan berasosiasi dengan biopolimer lain dalam berbagai organisme seperti cangkang, jamur, dan eksoskeleton serangga. Misalnya pada jamur, kitin terikat secara kovalen secara langsung atau tidak langsung melalui jembatan peptida ke glukukan di dinding sel, kitin membuat senyawa fleksibel yang kompleks di dinding sel yang terikat secara kovalen dengan glukukan. Sedangkan pada serangga dan invertebrata lainnya kitin berasosiasi secara kovalen atau tidak kovalen dengan protein tertentu hingga membentuk bagian dari rangka luar (Pellis *et al.*, 2022). Dalam industri produksi kitosan dari limbah cangkang krustase, ekstraksi kitin dan kitosan umumnya dilakukan dengan metode tradisional meliputi demineralisasi, deproteinasi, dekolorisasi dan deasetilasi (Gambar 2.5) (Hemmami *et al.*, 2024).



Gambar 2.6 Teknik Komersial ekstraksi kitin dan kitosan
(Hemmami *et al.*, 2024).

Namun proses ini harus disesuaikan dengan asal sumber kitin, karena setiap sumber kitin memiliki struktur yang berbeda, sehingga diperlukan perlakuan khusus untuk mendapatkan kitin berkualitas tinggi (Younes & Rinaudo, 2015).

Kitin pada sumber krustase berasosiasi dengan mineral terutama garam karbonat anorganik, kompleks kitin protein dan juga mengandung karotenoid (terutama astaxanthin) dan lipid. Cangkang krustase mengandung 20–30% kitin, 30–40% protein, 0–14% lipid, 30–50% mineral. Sedangkan dinding sel jamur terdiri dari 2-44% kitin yang terikat secara kimia dengan glukukan (80-90%) melalui ikatan α dan β . Selain itu, dinding sel juga mengandung 3-20% glikoprotein serta sejumlah kecil lipid, pigmen, dan garam anorganik. Kandungan mineral pada krustase membuat proses demineralisasi menjadi langkah penting. Sebaliknya, ekstraksi kitin dari jamur tidak memerlukan demineralisasi (Pellis *et al.*, 2022).

Proses isolasi kitin bisa dilakukan dengan dua macam metode, yaitu metode enzimatik dan metode kimiawi (Afriani *et al.*, 2017). Metode kimiawi ekstraksi kitosan tahap deproteinasi dilakukan dengan menambahkan asam dan basa kuat pada suhu 60-120°C selama 0,5-12 jam, untuk menghilangkan protein, lipid, dan karbohidrat lain yang larut dalam alkali. Sisa bahan yang tidak larut dalam alkali yang sebagian besar mengandung kitin selanjutnya dilakukan penambahan asam asetat 2–10% pada suhu 50–95°C untuk menghilangkan bahan yang larut dalam asam. Bahan larut asam yang mengandung kitosan, selanjutnya dibilas dengan alkali NaOH diikuti dengan proses sentrifugasi dan pencucian dengan menggunakan etanol dan aseton. Selanjutnya, dalam proses ekstraksi kitosan jamur, diperlukan pemutihan untuk menghilangkan pigmen alami dalam jamur dengan menambahkan aseton dan natrium hipoklorit atau hidrogen peroksida (Pellis *et al.*, 2022).

Selain teknik ekstraksi kitin secara kimia, beberapa metode lain termasuk metode enzimatik, yaitu teknologi fermentasi mikroba dengan menggunakan

mikroorganisme penghasil asam laktat atau penggunaan asam anorganik. Metode ini diketahui sebagai metode yang efektif untuk menghasilkan kitosan berkualitas tinggi. Ekstraksi kitin secara enzimatik, menggunakan bakteri penghasil asam laktat untuk proses demineralisasi kitin yaitu bakteri *Lactobacillus* diantaranya *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus plantarum*, dan *Lactobacillus helveticus*. Proses deproteinasi kitin berbasis bio menggunakan protease yang diperoleh melalui fermentasi mikroorganisme *Aspergillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, dan *Bacillus sp.* Tingkat keberhasilan deproteinasi dan demineralisasi menggunakan metode enzimatik sekitar 95,3% dan 99,6% (Pellis *et al.*, 2022).

2.6 Fermentasi Cair (Submerged Fermentation)

Proses fermentasi terendam (SmF) atau yang juga disebut fermentasi cair merupakan proses inokulasi mikroorganisme dalam media cair yang menyediakan semua nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan dan aktifitas metabolisme (Amobonye *et al.*, 2023). Fermentasi cair (SmF) memiliki keunggulan spesifik sebagai metode fermentasi yang memberikan kemudahan kontrol parameter fermentasi, seperti pH dan konsentrasi nutrisi dalam media fermentasi (Antunes *et al.*, 2020). fermentasi cair dapat dilakukan dengan empat metode, diantaranya yaitu:

1. *Batch fermentation* adalah metode kultur tertutup, di mana sejumlah media nutrisi yang telah disterilkan dimasukkan ke dalam fermentor. Media tersebut diinokulasi dengan mikroorganisme yang sesuai dan dibiarkan selama waktu tertentu agar fermentasi dapat berlangsung dalam kondisi yang optimal. Selama proses ini, oksigen, penghilang busa, serta asam atau basa ditambahkan untuk menjaga pH. Selama inkubasi, mikroorganisme

berkembang biak dan melewati berbagai tahap pertumbuhan dan metabolisme, sehingga komposisi, biomassa, dan metabolit dalam media kultur mengalami perubahan (Peng Yi, 2022).

2. Fermentasi fed-batch adalah metode kultur mikroorganisme yang menggabungkan elemen dari fermentasi batch dan kontinu. Dalam sistem ini, sebagian media nutrisi ditambahkan secara bertahap selama proses fermentasi (Zohri *et al.*, 2017). Inokulum dimasukkan dan sebagian substrat yaitu $\pm 10\%$ dari volume fermentor dimasukkan ke dalam fermentor. Setelah itu, ditambahkan sisa substrat yang $\pm 90\%$ dari volume fermentor (Wignyanto dan Hidayat, 2017).
3. Semi batch. Fermentasi semi batch dilakukan seperti fermentasi fed batch, namun pada waktu panen, yang diambil hanya 90% substrat, kemudian ditambahkan 10% substrat baru (Wignyanto dan Hidayat, 2017).
4. Fermentasi kontinyu juga menggunakan sistem kultur tertutup. Dalam sistem ini, proses dapat berjalan tanpa batasan dengan menambahkan media nutrisi secara terus-menerus atau secara berkala ke dalam fermentor. Ketika media baru ditambahkan, sistem akan memompa media lama dengan jumlah yang sama, termasuk mikroorganisme, untuk memproses produk fermentasi dan memulihkan sel. Secara teoritis, sistem ini menjaga volume dan konsentrasi nutrisi pada tingkat optimal (Peng Yi, 2022).

2.7 Sifat Fisikokimia Kitosan

2.7.1 Derajat Deasetilasi (DD)

Derajat deasetilasi merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui karakterisasi sampel kitosan. Proses deasetilasi melibatkan penghapusan gugus asetil dari rantai molekul kitin, sehingga tersisa gugus amino primer ($-NH_2$). Derajat deasetilasi (DD) kitosan didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah unit D-glukosamin dengan jumlah unit N-asetilglukosamin dan D-glukosamin. Nilai derajat deasetilasi dapat menentukan sifat fisik, kimia, dan biologis kitosan. Sifat fisik seperti keseimbangan asam-basa, ikatan elektrostatik, biodegradabilitas, kemampuan beragregasi, daya serap, dan kapasitas mengkelat ion logam. Selain itu nilai derajat deasetilasi dapat menentukan jumlah gugus amino bebas dalam polisakarida, yang secara signifikan memengaruhi sifat kationik kitosan dalam kondisi pH asam, sehingga dapat digunakan untuk membedakan antara kitin dan kitosan. Proses deasetilasi menghasilkan polimer yang terdiri dari unit N-asetil-glukosamin dan glukosamin. Jika polimer hasil deasetilasi mengandung lebih dari 50% unit N-asetil-glukosamin, maka disebut kitin. Namun, jika kandungannya kurang dari 50%, polimer tersebut disebut kitosan (Pellis *et al.*, 2022). Kitosan umumnya dianggap sebagai turunan yang larut, sementara kitin tidak larut dalam larutan asam encer. Kitosan dengan DD rendah biasanya memiliki kisaran antara 40% hingga 60%. Sebagian besar kitosan komersial memiliki nilai DD rata-rata antara 70% hingga 90%. Derajat deasetilasi (DD) dan kristalinitas kitosan mempengaruhi kelarutannya dalam asam. Semakin tinggi DD kitosan, semakin banyak gugus amino bebas yang mudah terprotonasi dalam lingkungan asam, membuat kitosan

larut pada pH di bawah sekitar 6,5. Dalam kondisi asam, ketika gugus amino terprotonasi menjadi gugus amonium ($-\text{NH}^{3+}$), kitosan berperan sebagai polikation yang larut, yaitu polielektrolit kationik ($\text{pK}_a \sim 6,5$). Kitosan yang larut dapat dengan mudah menempel pada permukaan bermuatan negatif, berinteraksi dengan senyawa polianionik, dan mengikat ion logam berat. Beberapa metode digunakan untuk menentukan DD kitosan termasuk uji ninhidrin, FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*), *linear potentiometric titration* (LPT), *size exclusion chromatography* (SEC), ultraviolet (UV) *spectroscopy*, dan *nuclear magnetic resonance spectroscopy* (NMR) (Weißpflog *et al.*, 2021).

2.8 FTIR (Fourier Transform Infra-Red)

Salah satu metode spektroskopi yang sangat populer adalah FTIR (*Fourier Transform Infrared*), yaitu metode spektroskopi inframerah modern yang menggunakan teknik transformasi fourier untuk mendeteksi dan menganalisis spektrumnya. Spektrum FTIR dihasilkan dari interaksi senyawa-senyawa kimia dalam matriks sampel yang kompleks. Spektrum ini kaya akan informasi mengenai struktur molekul, dengan pita serapan yang khas untuk setiap molekul, sehingga dapat digunakan untuk membedakan bahan baku yang memiliki kemiripan (Nurfityana., dkk., 2022). Analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) adalah salah satu analisis yang digunakan mengidentifikasi suatu senyawa. FTIR merupakan analisis yang paling baik untuk mengidentifikasi jenis ikatan kimia. Panjang gelombang tertentu yang merupakan karakteristik dari ikatan kimia molekul dan dapat dilihat pada energi yang diserap spektrum inframerah. Bilangan gelombang yang digunakan untuk senyawa organik maupun senyawa polimer yaitu $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$. Dalam analisis FTIR gugus-gugus fungsi yang

terdapat pada kitin, seperti gugus C-H dan C=O, akan terdeteksi. Hasil deteksi FTIR muncul sebagai puncak-puncak yang mewakili gugus fungsi tersebut pada bilangan gelombang yang sesuai. Analisis spektra IR berfungsi untuk mengetahui gugus fungsional dari suatu bahan, sehingga dapat diketahui bahwa senyawa yang dianalisis tersebut merupakan senyawa kitosan (Rumengan, 2018).

Adanya gugus amina (NH_2) dan hidroksil (OH) dari kitosan menyebabkan kitosan mudah dimodifikasi secara kimia. Gugus hidroksil dan amina dapat memberikan jembatan hidrogen secara intermolekuler atau intramolekuler. Dengan demikian terbentuk jaringan hidrogen yang kuat, membuat kitosan tidak larut dalam air. Gugus fungsi dari kitosan (gugus hidroksil primer pada C-6, gugus hidroksil sekunder pada C-3 dan gugus amino pada posisi C-2) membuatnya mudah dimodifikasi secara kimia, dan ditransformasi menjadi turunannya. Gugus amino kitosan merupakan polielektrolit kationik (pK_a 6,5) yang bersifat basa, dan sangat jarang terjadi secara alami (Rumengan, 2018).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian experimental menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Penelitian ini terdiri dari satu variabel bebas yaitu isolat jamur *Rhizopus oryzae* yang diberi perlakuan sumber karbon dari limbah kulit pisang dengan variasi konsentrasi 0% (kontrol), 60%, 80% dan 100%. Variabel terikatnya yaitu hasil kitosan dari jamur *Rhizopus oryzae*. Perlakuan dan kontrol pada penelitian ini diulang sebanyak 3 kali ulangan.

Konsentrasi Limbah Kulit Pisang (Sumber Karbon)	Ulangan		
	1	2	3
Kontrol (Media PDB)	T1R1	T1R2	T1R3
60%	T2R1	T2R2	T2R3
80%	T3R1	T3R2	T3R3
100%	T4R1	T4R2	T4R3

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2024-Januari 2025 yang bertempat di Laboratorium Mikrobiologi, Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengambilan limbah kulit buah pisang Ambon (*Musa acuminata*) dilakukan pada UMKM Salepisangmalang di Kecamatan Blimbing. Uji karakterisasi derajat deasetilasi kitosan menggunakan alat FTIR (*Fourier Transform Infra –Red*) dilakukan di Laboratorium Farmasi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain autoklaf (ALP), inkubator (Memmert), oven (merk), ayakan, nampan, mortar dan alu, timbangan analitik (Sartorius), Laminar Air Flow (LAF) (Esco), FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*), hotplate (*Thermo scientific*), incubator shaker (Benchmark), mikroskop, sentrifuge, beaker glass (Iwaki) 500 ml, Erlenmeyer (Iwaki) 250 ml, gelas ukur (Iwaki) 10 ml dan 100 ml, pipet tetes, tabung eppendorf, mikropipet, cawan petri, magnetic stirrer, kertas saring (Whatman No.4), kapas, kasa, aluminium foil, plastik wrap, tabung reaksi, rak tabung reaksi, bunsen, korek, jarum ose, object glass, cover glass, blue tip.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain isolat jamur *Rhizopus oryzae*, limbah kulit pisang ambon (*Musa acuminata*), media PDA (*Potato Dextrose Agar*) (TM Media), media PDB (*Potato Dextrose Broth*) (TM Media), kloramfenikol, larutan tween 80, etanol, asam asetat, aseton, magnesium sulfat heptahidrat ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), Dipotassium fosfat (K_2HPO_4), Monopotassium fosfat (KH_2PO_4), Amonium nitrat, larutan NaOH, aquades steril.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini disterilisasi terlebih dahulu. Seluruh peralatan yang terbuat dari kaca dicuci, dikeringkan dan masing-masing dibungkus rapi dengan kertas selanjutnya diikat dan dimasukkan ke dalam plastic. Bahan atau media diletakkan ke dalam tabung Erlenmeyer dan ditutup rapat dengan kapas atau aluminium foil, dimasukkan ke dalam plastic

kemudian diikat. Selanjutnya dilakukan sterilisasi menggunakan autoklaf yang dioperasikan dengan uap air dibawah tekanan. Suhu dan tekanan yang digunakan pada proses sterilisasi menggunakan autoklaf dilakukan pada suhu tinggi untuk periode waktu yang singkat yaitu 121°C/15 psi selama 10-15 menit (Wulandari dkk., 2021).

3.4.2 Pembuatan Media

3.4.2.1 Pembuatan Potato Dextrose Agar (PDA)

Pembuatan media PDA (*Potato dextrose agar*) dilakukan dengan cara dimasukkan media instan PDA sebanyak 39 g ke dalam Erlenmeyer dan dilarutkan dengan 1000 mL aquades kemudian dipanaskan hingga mendidih dan homogen, setelah homogen dibiarkan sehingga suhu larutan media menurun hingga suhu 36-37 °C. Erlenmeyer ditutup dengan kapas, kasa, kemudian media disterilkan di dalam autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit dengan tekanan dua atm. Larutan media ditambahkan kloramfenikol 20 mL secara aseptis di dalam *laminar air flow*. Media dituangkan ke dalam cawan Petri dan dibiarkan hingga memadat (Azzahra dkk., 2020).

3.4.2.2 Pembuatan Potato Dextrose Broth (PDB)

Pembuatan media PDB atau *Potato Dextrose Broth* dilakukan dengan menimbang PDB bubuk instan sebanyak 32,4 gram dan dilarutkan pada 1.350 ml akuades didalam erlenmeyer 250 mL. Media PDB dihomogenkan di atas *hotplate* menggunakan *magnetic stirrer* dan diukur pH medianya dengan menggunakan pH meter. Setelah didapatkan pH media yang diinginkan, media PDB dipanaskan di atas kompor dan disterilisasi pada autoklaf dengan suhu 121°C pada tekanan 1 atm selama 15 menit (Syamsulhadi dkk., 2023).

3.4.3 Peremajaan Isolat Jamur *Rhizopus oryzae*

Peremajaan isolat jamur *R. oryzae* dilakukan dengan mengambil isolat jamur menggunakan jarum ose ukuran 0.5-1 cm, kemudian diletakkan pada cawan petri yang berisi media PDA. Hal ini dilakukan di dalam LAF untuk menghindari terjadinya kontaminasi yang tidak diinginkan. Isolat jamur diinkubasi pada suhu ruang (25-27°C) selama 7 hari hingga miselia jamur memenuhi cawan petri (Halwiyah dkk., 2019).

3.4.4 Pembuatan Suspensi Spora *Rhizopus oryzae*

Pembuatan suspensi spora *R. oryzae* dilakukan dengan cara diberikan larutan tween 80 sebanyak 2 tetes pada permukaan koloni jamur yang sudah berumur 7 hari di dalam media PDA. Tujuan penggunaan Tween 80 adalah untuk meningkatkan kelarutan serta berperan sebagai emulgator pada permukaan jamur sehingga miselium dapat dipisahkan dengan mudah (Anggreani dkk., 2022). Miselium jamur yang telah dipisahkan menggunakan larutan tween 80 dari media, dipindahkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 10 mL aquades steril (Hardiansyaah, dkk., 2023). Selanjutnya suspensi spora dihomogenkan menggunakan vortex selama 1-3 menit (Sada dkk., 2021).

3.4.6 Preparasi Substrat dan Fermentasi

3.4.6.1 Preparasi Substrat Cair

Persiapan substrat untuk fermentasi cair yaitu pertama, limbah kulit pisang dicuci berulang kali hingga bersih. Selanjutnya limbah kulit pisang dikeringkan didalam oven pada suhu 60°C untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme. Limbah kulit pisang yang sudah dikeringkan kemudian digiling hingga menjadi bubuk dan disimpan pada suhu 4°C (Priyanka, K., *et al.*, 2021).

Sebanyak 40 gram bubuk kulit pisang ditambahkan 1000 ml aquades kemudian dipanaskan dengan cara direbus pada suhu 80 °C selama 30 menit. Setelah direbus, campuran tersebut disaring dengan menggunakan kain kasa untuk memisahkan cairan dari ampasnya, sehingga diperoleh cairan hasil saringan (filtrat). Filtrat yang diperoleh kemudian ditambahkan larutan HCl 1% dan disterilisasi kembali dengan autoklaf pada suhu 121 °C selama 30 menit. Selanjutnya, filtrat tersebut dinetralkan hingga mencapai pH 6 dengan menambahkan larutan NaOH 1 M. Cairan hidrolisat yang diperoleh dari proses ini dimanfaatkan sebagai bahan dasar (substrat) untuk proses fermentasi (Priyanka, K., *et al.*, 2021).

3.4.6.2 Fermentasi Cair

Metode fermentasi cair dilakukan menurut penelitian Habibi *et al.*, (2021) dengan modifikasi Priyanka, K., *et al.*, (2021) yaitu diinokulasi sebanyak 2 mL suspensi spora *Rhizopus oryzae* ke dalam labu erlenmeyer dengan variasi konsentrasi 60% (60 mL substrat cair limbah kulit pisang : 40 mL larutan mineral dan nitrogen), 80% (80 mL substrat cair limbah kulit pisang : 20 mL larutan mineral dan nitrogen), dan 100% (100 mL substrat cair limbah kulit pisang). Pembuatan larutan mineral dan nitrogen diantaranya 0,1 MgSO₄.7H₂O, 1 gr KH₂PO₄ dan 3 gr NH₄NO₃ dilarutkan kedalam 500 mL aquades. Total perlakuan yang digunakan sebanyak 4 perlakuan dengan variabel kontrol yang digunakan yaitu media PDB (*Potato Dextrose Broth*). Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali (Habibi *et al.*, 2021).

Setiap labu erlenmeyer diinkubasi dalam *shaker incubator* kecepatan 180 rpm pada suhu 30°C selama 144 jam (Priyanka, K., *et al.*, 2021). Massa sel

miselium yang diperoleh ditimbang dan dipisahkan menggunakan filter vakum dengan kertas saring Whatman No.1. Miselium kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50-55°C hingga kering, menggunakan aluminium foil sebagai alas. Miselium kering yang diperoleh disimpan di desikator selama 5 menit hingga berat kering konstan. Menurut Habibi *et al.*, (2021) berat kering biomassa miselium dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$biomassa \left(\frac{g}{l} \right) = berat \text{ kering biomassa} - berat \text{ aluminium foil}$$

3.4.7 Ekstraksi Kitosan

Ekstraksi kitosan mengacu pada penelitian Habibi *et al.*, (2021) dengan modifikasi Priyanka, K., *et al.*, (2021) Setelah jamur ditumbuhkan pada media fermentasi, miselia jamur yang telah dikeringkan dihancurkan menggunakan alu dan mortar, kemudian dipindahkan ke tabung eppendorf steril. Selanjutnya disuspensikan dengan larutan (NaOH) 1M dengan perbandingan 1:40 (1 gram sampel kitin disuspensikan dalam 40 ml (NaOH) 1M. Proses selanjutnya dilakukan sterilisasi dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Fraksi yang tidak larut dalam alkali diperoleh dengan dilakukan sentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm selama 15 menit, kemudian mencucinya dengan aquades hingga mencapai pH netral (pH 7). Residu yang sudah dikeringkan ditambahkan asam asetat 2% dengan perbandingan 1:30 (1 gr sampel kitin disuspensikan dengan 30 ml asam asetat) dan dikeringkan pada suhu 95°C selama 6-8 jam. Dilakukan sentrifugasi kembali pada kecepatan 10.000 rpm selama 15 menit untuk menghilangkan komponen asam yang tidak larut. Supernatan yang diperoleh diatur ke pH 10-12 dengan menambahkan larutan 2M NaOH dan kemudian disentrifugasi kembali pada kecepatan 10000 rpm selama 15 menit.

Supernatan yang mengandung kitosan divortex untuk mendapatkan pelet. Pelet tersebut kemudian dicuci menggunakan 30 ml aquades, 16 ml etanol, dan 6 ml aseton hingga mencapai pH netral, lalu dikeringkan pada suhu 40°C selama 8 jam hingga benar-benar kering.

3.4.8 Karakterisasi Kitosan

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

Karakterisasi dilakukan menggunakan FTIR untuk mengamati nilai derajat deasetilasi. Pengamatan derajat deasetilasi sampel dilakukan dengan dihaluskan 2 mg sampel kemudian selanjutnya ditambahkan 100 mg KBr. Hal ini bertujuan agar pelet yang dihasilkan menjadi bening sehingga sampel dapat teramati. Pelet yang didapatkan kemudian dikenai dengan sinar infra merah pada daerah gugus fungsi dan daerah sidik jari dengan frekuensi gelombang 4000-400 cm^{-1} . Selanjutnya penghilangan latar belakang absorpsi dengan metode cakram KBr dijadikan satu pada tiap pengukuran. Derajat deasetilasi kitosan ditentukan dengan metode *base line* berdasarkan spektrum FTIR perbandingan nilai absorbansi pita serapan dari spektrum inframerah pada bilangan gelombang 1655 cm^{-1} dan 3450 cm^{-1} (Mardiana, 2021). Derajat Deasetilasi (DD) dapat dihitung dengan metode baseline yang dapat dilihat pada Persamaan berikut (Setha *et al.*, 2019).

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

Keterangan:

DD = Derajat deasetilasi

A₁₆₅₅ = Nilai abosrbansi pada 1655 cm^{-1} (penyerapan pada gugus amida)

A₃₄₅₀ = Nilai absorbansi pada 3450 cm^{-1} (penyerapan pada gugus hidroksil).

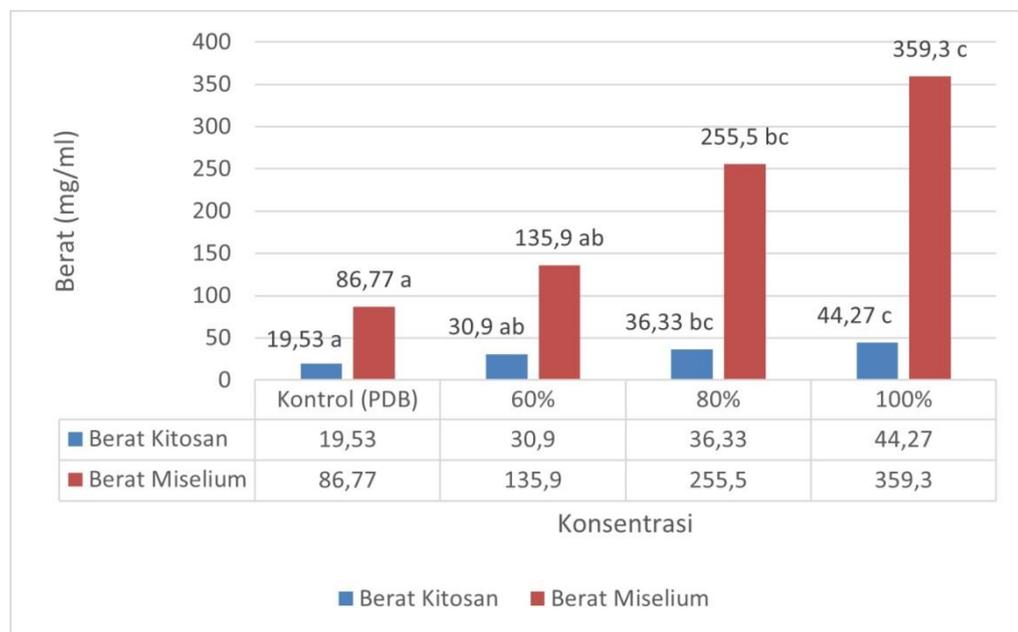
3.5 Analisis Data

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 limbah kulit pisang terhadap produksi kitosan jamur *Rhizopus oryzae* serta dianalisis menggunakan statistika yaitu uji normalitas dan homogenitas, apabila terdapat perbedaan nyata, maka dilanjutkan dengan statistik parametrik One-Way ANOVA menggunakan *software* SPSS versi 25.0.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Penambahan Substrat Limbah Kulit Pisang Terhadap Biomassa Miselium dan Kitosan *Rhizopus oryzae*

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, hasil produksi biomassa kering kitin dan kitosan yang dihasilkan oleh jamur *Rhizopus oryzae* dengan memanfaatkan ekstrak limbah kulit pisang sebagai sumber karbon dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Grafik pengaruh variasi konsentrasi ekstrak limbah kulit pisang sebagai sumber karbon terhadap biomassa kering miselium dan kitosan *Rhizopus oryzae*. Nilai yang memiliki huruf yang sama menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan berdasarkan hasil uji One-Way ANOVA dengan tingkat signifikansi $> 0,05$.

Berdasarkan gambar 4.1, hasil produksi miselium dari jamur *Rhizopus oryzae* dengan menggunakan substrat limbah kulit pisang menunjukkan bahwa keempat perlakuan menunjukkan bahwa produksi maksimum berat kering biomassa miselium terletak pada konsentrasi perlakuan 100% yaitu sebesar 359.3

mg/ml dibandingkan dengan perlakuan kontrol menggunakan media PDB (*Potato Dextrose Broth*) yaitu sebesar 86.77 mg/ml. Peningkatan jumlah konsentrasi sumber karbon limbah kulit pisang yang digunakan yaitu dari tingkat 60%, 80% hingga 100% berbanding lurus dengan peningkatan biomassa miselium jamur, bahkan dapat melebihi jumlah biomassa miselium yang dihasilkan dari perlakuan kontrol menggunakan media PDB (*Potato Dextrose Broth*). Hal ini sesuai dengan pernyataan Priyanka, *et al.*, (2022) bahwa terdapat peningkatan maksimal 4,4 kali lipat biomassa yang dihasilkan sebesar 200 mg/l dari hasil optimalisasi ekstrak limbah kulit pisang. Nilai ini lebih besar dibandingkan dengan media yang tidak dioptimalkan (45 mg/l). Abo Elsoud (2019) juga menambahkan bahwa penggunaan bungkil minyak kelapa sebagai substrat dengan kombinasi penambahan berbagai mineral, nitrogen dan sumber karbon terhadap jamur *Aspergillus niger*. Penelitian ini melibatkan optimalisasi sumber C dan N. Pengaruh konsentrasi sumber karbon yang berbeda terhadap produksi biomassa jamur oleh *A. niger* menunjukkan peningkatan konsentrasi biomassa.

Perbedaan hasil biomassa miselium pada semua konsentrasi perlakuan yaitu kontrol (media PDB), 60%, 80% dan 100% disebabkan karena perbedaan jumlah sumber karbon yang digunakan pada setiap konsentrasi perlakuan. Glukosa merupakan salah satu jenis monosakarida yang menjadi sumber energi dan sebagai media perkembangan dan pertumbuhan jamur dalam sistem metabolisme. Kebutuhan unsur karbon (glukosa) bagi jamur sangatlah penting karena jamur membutuhkan unsur karbon dalam jumlah yang besar dari pada unsur-unsur yang lain dan karbon merupakan nutrisi pokok dan terpenting bagi jamur. Hal ini terlihat dari sekitar 50% berat kering sel jamur terdiri dari karbon. Senyawa

organik ini dipergunakan sebagai struktur utama dalam penyediaan energi untuk sel (Natalia, 2021). Kandungan glukosa dalam media yang dioptimalkan menggunakan limbah kulit pisang yaitu sebesar 33,65 g menunjukkan hasil yang berbeda cukup signifikan dibandingkan media komersial (PDB) dengan kandungan glukosa sebesar 19,10 g. Hal ini menyebabkan jamur memperoleh nutrisi yang baik pada media yang dioptimalkan sehingga menimbulkan variasi biomassa miselium pada setiap konsentrasi perlakuan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuantitas atau kualitas produksi kitin dan kitosan dalam dinding sel jamur dapat berubah karena kondisi lingkungan, nutrisi dan karakteristik pada jamur itu sendiri. Penggunaan jamur *Rhizopus oryzae* menjadi salah satu pilihan yang tepat dalam produksi kitosan. Jamur dari kelompok Zygomycota mengandung jumlah kitin yang lebih besar jika dibandingkan dengan kelas jamur lainnya (Huq, T., *et al.*, 2022). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Chatterjee, S & Guha (2014) bahwa jamur *Rhizopus oryzae* kelompok Zygomycota dapat menghasilkan kitosan yang cukup baik yaitu dengan derajat deasetilasi 87% dan berat biomassa maksimum 136 mg/g. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan jamur *Aspergillus niger* dari kelas Ascomycetes yaitu dengan derajat deasetilasi 83,64% dan berat biomassa 7,16 mg/g (Abdel *et al.*, 2017). Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi metabolisme jamur melalui represi katabolik. Upaya untuk meningkatkan pertumbuhan miselium jamur dan produktifitas biopolimer yaitu dengan melengkapi nutrisi tambahan ke media fermentasi tradisional. Menurut penelitian Nwe dan Stevens (2004) dalam Abo Elsoud (2019) menyatakan bahwa hasil pengaruh penambahan urea dibuktikan bahwa terdapat peningkatan signifikan

dalam produksi total kitosan oleh spesies jamur *Gongronella butleri*. Penambahan urea sebagai sumber nitrogen tidak hanya menghasilkan peningkatan jumlah kitosan, tetapi juga menghasilkan perbedaan dalam berat molekul kitosan (Abo Elsoud, *et al.*, 2019).

Penambahan sumber karbon yang menyebabkan peningkatan jumlah miselium jamur juga dapat berdampak pada meningkatnya jumlah biomassa kering kitosan yang dihasilkan yaitu perlakuan kontrol (PDB) (19.53 mg/ml), 60% (30.9 mg/ml), 80% (36.33 mg/ml) dan 100% (44.27 mg/ml). Peningkatan produksi biomassa kitosan yang dioptimalkan menggunakan limbah kulit pisang sebagai sumber karbon lebih unggul dibandingkan kitosan yang diproduksi menggunakan media kimia yaitu PDB (*Potato Dextrose Broth*). Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh De souza, *et al.*, (2020) bahwa peningkatan jumlah biomassa kering kitosan *Mucor subtilissimus* dan *Lichtheimia hyalospora* berbanding lurus dengan peningkatan jumlah sumber karbon yang digunakan yaitu kombinasi antara *corn steep liquor* (CSL) dan *cassava waste water* (CWW). Kombinasi konsentrasi substrat sumber karbon yang digunakan yaitu 6% (CSL) dan 4% (CWW) menghasilkan 32.41 mg/g kitosan yang terbaik oleh *Mucor subtilissimus* dan kombinasi 4% (CSL) dan 6% (CWW) menghasilkan 45.03 mg/g kitosan terbaik oleh *Lichtheimia hyalospora*. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi substrat sumber karbon berbanding lurus dengan peningkatan biomassa kitosan yaitu kombinasi 2% (CSL) dan 4% (CWW) menghasilkan 18.87 mg/g kitosan oleh *Mucor subtilissimus*. CSL dan CWW merupakan residu kaya karbohidrat dan asam amino yang mendukung pertumbuhan jamur berfilamen dan uniseluler sehingga hasil tersebut

menunjukkan bahwa media dengan konsentrasi CSL dan CWW yang lebih tinggi mendukung pertumbuhan jamur (Adriana, *et al.*, 2020).

Sistem fermentasi kitin dan kitosan jamur dapat bervariasi tergantung pada metode budidaya jamur dan fermentasi. Secara umum, produksi kitin dan kitosan di dinding sel jamur dikaitkan dengan konsentrasi biomassa jamur. Berdasarkan mekanisme biosintesisnya di dalam sel jamur, terdapat beberapa faktor yang diduga berperan dalam memengaruhi produksi kitin dan kitosan saat proses fermentasi cair (*Submerged Fermentation*). Faktor-faktor ini tidak hanya berpengaruh terhadap jumlah produksi, tetapi juga berperan dalam mengatur sifat fisikokimia dari kitin dan kitosan yang dihasilkan. Oleh karena itu pada penelitian ini jamur *Rhizopus oryzae* ditumbuhkan dengan menggunakan metode fermentasi cair (*Submerged Fermentation*) yaitu dengan menggunakan media broth yang terdiri dari sumber karbon limbah kulit pisang dan cairan sumber nitrogen dengan konsentrasi penggunaan yang sudah ditetapkan sebelumnya. Fermentasi dalam media cair (SmF) memiliki keunggulan khusus karena memungkinkan pengendalian yang lebih mudah terhadap berbagai parameter fermentasi, seperti pH, suhu, serta kadar nutrisi dalam media fermentasi (Huq, T., *et al.*, 2022). Hasil menunjukkan pada hari keenam (144 jam) fermentasi cair (*Submerged Fermentation*) yang dioptimalkan dengan sumber karbon limbah kulit pisang dan penambahan larutan nitrogen menghasilkan biomassa kitosan maksimum pada konsentrasi 100% sebesar 44.27 mg/ml lebih tinggi daripada penggunaan media komersial PDB (*Potato Dextrose Broth*) yang hanya menghasilkan biomassa kitosan sebesar 19.53 mg/ml.

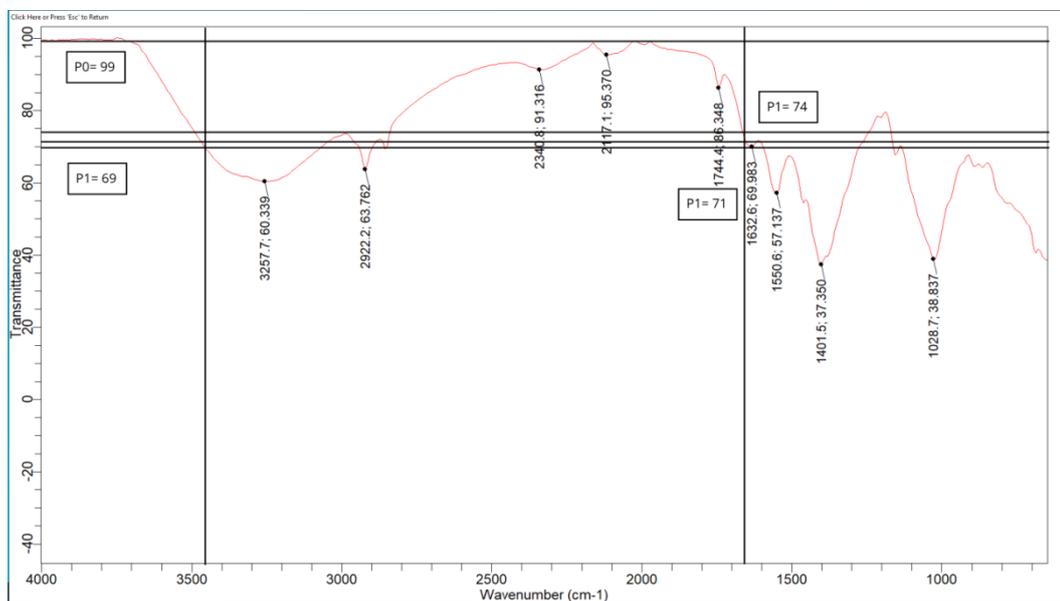
Hasil analisis data menggunakan *software* SPSS versi 23 yaitu untuk mengetahui perbedaan nyata atau signifikan pemberian konsentrasi ekstrak limbah kulit pisang sebagai substrat pertumbuhan jamur *Rhizopus oryzae* sebagai sumber karbon untuk mendapatkan biomassa miselium dan kitosan. Berdasarkan hasil uji normalitas dan homogenitas didapatkan bahwa pemberian variasi konsentrasi substrat kulit pisang 0%, 60%, 80% dan 100% yaitu >0.05 sehingga dilanjutkan dengan parametrik One-Way ANOVA. Hasil uji One-Way ANOVA menunjukkan nilai sebesar $0.011 < 0.05$, maka dilanjutkan uji lanjut DMRT untuk mengetahui perbedaan nyata antara setiap perlakuan. Hasil uji DMRT menunjukkan terdapat perbedaan nyata antara konsentrasi 0% (a) dan 60% (ab) terhadap konsentrasi 100% (c) yaitu ditandai dengan adanya perbedaan notasi.

Peningkatan hasil biomassa kitosan pada perlakuan 60%, 80%, hingga 100% disebabkan oleh meningkatnya kandungan karbon dari ekstrak limbah kulit pisang dalam media pertumbuhan. Peningkatan kadar karbon dalam media tersebut mendorong proses metabolisme menjadi lebih optimal, sehingga produksi kitosan juga mengalami peningkatan. Optimalisasi dengan penambahan larutan garam mineral yang mengandung sumber karbon dan sumber nitrogen sangat memengaruhi hasil biomassa kitosan. Salah satu larutan garam mineral yang berfungsi sebagai sumber nitrogen dalam penelitian ini adalah amonium nitrat (NH_4NO_3). Amonium nitrat merupakan sumber nitrogen bagi pertumbuhan jamur. Nitrogen berfungsi untuk pembentukan protein untuk memperbanyak pertumbuhan jamur. Nitrogen memiliki daya besar dalam mikroorganisme. Oleh karena itu ketersediaan nitrogen harus disesuaikan agar tidak berlebihan maupun kekurangan (Wawan, 2017). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh

Denardi *et al.*, (2018), dalam hal nutrisi, keseimbangan antara sumber karbon dan sumber nitrogen pada media pertumbuhan memiliki rasio ideal antara 4:1 hingga 10:1 selama proses fermentasi oleh *Rhizopus oryzae*. Peningkatan jumlah sumber karbon yang disertai dengan suplai nitrogen akan memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan biomassa kitosan. Penelitian ini menunjukkan hasil maksimum dari perbandingan 3:2 sumber karbon dan nitrogen yaitu perlakuan kontrol (58.6 mg/ml), perlakuan 60% (92.7 mg/ml), perlakuan 80% (109 mg/ml) dan perlakuan 100% (132.8 mg/ml). Menurut Amorim, *et al.*, (2011) menyatakan bahwa pengaruh media terhadap produksi kitosan ditunjukkan oleh tingginya kandungan glukosa dan protein, yang apabila didukung dengan tambahan mineral, mampu meningkatkan hasil kitosan secara optimal.

4.2 Karakterisasi Kitosan Jamur *Rhizopus oryzae*

Hasil penelitian karakteristik kitosan fungi *R. oryzae* yang dioptimalkan dengan menggunakan substrat limbah kulit pisang sebagai sumber karbon berdasarkan nilai derajat deasetilasi dengan metode FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*). Proses analisis derajat deasetilasi kitosan *Rhizopus oryzae* dihitung dengan metode *base line* berdasarkan spektrum FTIR perbandingan nilai absorbansi pita serapan dari spektrum inframerah pada bilangan gelombang 1655 cm^{-1} dan 3450 cm^{-1} (Mardiana, 2021).



Gambar 4.2 Spektrum FTIR Derajat Deasetilasi Kitosan Jamur *Rhizopus oryzae*

FTIR digunakan untuk menganalisis karakteristik kitosan dengan cara mengidentifikasi kelompok fungsional yang ada dalam struktur molekul kitosan. Kitosan merupakan senyawa polimer yang terdiri dari (-2-amino-2-deoksi- β -(1-4)-D-glukopiranos) dengan rumus molekul (C₆H₁₁NO₄). Kualitas kitosan sangat dipengaruhi oleh derajat deasetilasi, yang merupakan salah satu karakteristik kimia paling penting (Bahri, *et al.*, 2015). Kitosan memiliki beberapa gugus fungsional, di antaranya gugus hidroksil, gugus amina, dan berbagai gugus polar lainnya (Li, *et al.*, 2020). Pengukuran Derajat deasetilasi dilakukan dengan mengamati kurva spektrofotometer, di mana puncak tertinggi (P0) dan puncak terendah (P) dicatat dan diukur berdasarkan garis dasar yaitu pada sekitar gelombang 3450 dan 1655 (Ismail, 2023). Hasil analisis pola kitosan menunjukkan adanya serapan pita spektrum pada gelombang 3257 cm⁻¹, 2922

cm^{-1} , 2340 cm^{-1} , 2117 cm^{-1} , 1744 cm^{-1} , 1632 cm^{-1} , 1550 cm^{-1} , 1401 cm^{-1} dan 1028 cm^{-1} yang merupakan hasil serapan dari vibrasi ulur gugus amina (NH_2) dan hasil serapan dari gugus fungsi amida ($\text{C}=\text{O}$). Serapan tersebut mengindikasikan keberadaan gugus fungsi amida, di mana keberadaan gugus ini menunjukkan bahwa derajat deasetilasi yang telah dianalisis mengandung kitosan (Tabel 4.2).

Tabel 4.2.1 Gugus fungsi yang terdapat pada kitosan

Senyawa Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
NH_2 (amida)	3257 cm^{-1}
CH_2 (metilen)	2922 cm^{-1}
$\text{C}\equiv\text{C}$ (alkuna)	2340 cm^{-1}
$\text{C}\equiv\text{N}$ (nitril)	2117 cm^{-1}
$\text{C}=\text{O}$ (karbonil)	1744 cm^{-1}
$\text{C}=\text{O}$ (amida I)	1632 cm^{-1}
$-\text{NH}_2$ (amida II)	1550 cm^{-1}
$\text{C}-\text{H}$ (metil)	1401 cm^{-1}
$\text{C}-\text{O}-\text{C}$ (eter/glikosidik)	1028 cm^{-1}

Pola FTIR jamur *Rhizopus oryzae* menunjukkan pita serapan pada gelombang 1632.6 cm^{-1} , 1550.6 cm^{-1} , 1401.5 cm^{-1} dan 1028.7 yang mengindikasikan keberadaan vibrasi $\text{C}=\text{O}$ (amida I) dan deformasi pita NH (amida II). Menurut Tan, *et al.*, (2020) bahwa kitosan dapat dikenali dengan keberadaan puncak khas gugus amida yang biasanya muncul di sekitar bilangan gelombang 1655 cm^{-1} . Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Priyanka, *et al.*, (2023) yaitu pola FTIR kitosan jamur *Aspergillus niger*

menunjukkan puncak di sekitar 1637,27 dan 1558,2 cm^{-1} yang berkaitan dengan pita khas C=O (amida I) serta deformasi pita NH (amida II). Di samping itu, puncak tajam pada 1425,25 cm^{-1} muncul akibat peregangan CH_2 pada gugus CH_2OH . Sementara itu, pita transmitansi pada 1035,59 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi internal dari ikatan glikosidik, yaitu peregangan C–OC pada struktur polisakarida hasil ekstraksi. Pita spektrum serapan radiasi inframerah (IR) untuk gugus amida terbagi menjadi tiga bagian, yaitu amida I pada rentang 1600-1700 cm^{-1} , amida II pada 1470-1570 cm^{-1} , dan amida III berada di kisaran 1250-1350 cm^{-1} (Ji *et al.*, 2020).

Pola FTIR kitosan jamur *Rhizopus oryzae* menunjukkan puncak transmitansi lebar pada gelombang 3257.7 cm^{-1} . Hal ini menunjukkan bahwa proses deasetilasi pada kitosan telah berhasil, di mana gugus asetil yang sebelumnya ada telah tergantikan oleh gugus amina (NH_2). Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Priyanka, *et al.*, (2023) bahwa pola FTIR dari kitosan yang berasal dari jamur *Aspergillus niger* menunjukkan adanya puncak transmitansi yang lebar pada bilangan gelombang 3351,68 cm^{-1} . Puncak ini menandakan adanya tumpang tindih antara getaran peregangan gugus amina (NH) dan hidroksil (OH), yang berasal dari amina primer dan cincin piranosa. Deasetilasi adalah proses pengubahan gugus asetamida (NHCOCH_3) yang terdapat pada kitin menjadi gugus amina (NH_2) pada kitosan, dengan cara menambahkan NaOH pekat atau larutan basa kuat dengan konsentrasi tinggi (Wahyuni, 2016).

Berdasarkan pola FTIR jamur *Rhizopus oryzae* didapatkan hasil perhitungan nilai derajat deasetilasi yaitu 91.41%. Tingginya serapan pita pada gugus amina (NH_2) menunjukkan bahwa gugus asetil pada kitin dari jamur *Rhizopus oryzae*

telah berhasil tergantikan oleh gugus amina, melalui proses deasetilasi menggunakan larutan NaOH sebagai larutan basa. Reaksi deasetilasi kitin pada dasarnya merupakan reaksi perubahan gugus asetil ($-\text{NHCOCH}_3$) pada kitin menjadi gugus amina ($-\text{NH}_2$). Proses deasetilasi kitin berlangsung dalam larutan alkali, di mana gugus karbonil dari senyawa ester dapat diserang oleh nukleofil, baik dengan atau tanpa proses protonasi terlebih dahulu. Pada reaksi ini, gugus karbonil pada asetamida kitin diserang oleh ion hidroksida (OH^-) sehingga terjadi reaksi adisi yang membentuk senyawa antara. Selanjutnya, senyawa antara tersebut mengalami reaksi eliminasi yang melepaskan gugus asetil, sehingga terbentuk senyawa asetat. Melalui mekanisme ini gugus asetil pada kitin diubah, dan hasil akhirnya adalah terbentuknya kitosan (Mahatmanti, 2022). Persentase gugus asetil yang terlepas selama proses deasetilasi disebut sebagai nilai derajat deasetilasi.

Nilai derajat deasetilasi kitosan jamur *Rhizopus oryzae* yang dihasilkan yaitu sebesar 91.41%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa biopolimer yang dihasilkan dari *Rhizopus oryzae* mengandung kitosan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kulka & Sionkowska, (2023) bahwa Senyawa dikategorikan sebagai kitin jika derajat deasetilasinya kurang dari 60%, sedangkan jika derajat deasetilasinya melebihi 60%, maka senyawa tersebut digolongkan sebagai kitosan. Rentang derajat deasetilasi dibagi menjadi tiga kategori. Derajat deasetilasi rendah, yaitu di bawah 70%, umumnya tidak larut sempurna dalam air. Derajat deasetilasi sedang berada pada kisaran 70–85% dan sebagian dapat larut dalam air. Sementara itu, derajat deasetilasi tinggi berada antara 85–95% dan memiliki kelarutan yang baik

dalam air. Jika nilainya mencapai 95–100%, maka termasuk dalam kategori derajat deasetilasi yang sangat tinggi (Erdogmus *et al.*, 2023).

Rendahnya kelarutan kitin menjadi hambatan utama dalam penggunaannya secara luas. Kitosan dianggap sebagai polisakarida yang potensial karena memiliki gugus amino bebas yang memberikan sifat polikationik, kemampuan mengikat ion logam (pengkelatan), serta membentuk dispersi yang larut dalam larutan asam asetat encer. Kitosan juga memiliki sifat kimia dan biologis yang unggul, sehingga berpotensi besar untuk dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi di bidang industri dan kesehatan (Korma, 2016). Beberapa contoh penerapannya dapat dilihat pada (Tabel 4.2.2).

Tabel 4.2.2 Aplikasi potensial kitosan dan turunannya

No	Bidang Aplikasi	Mekanisme kerja / Digunakan sebagai
1	Antioksidan	Aktivitas antioksidan terhadap radikal bebas hidroksil, superoksida, dan DPPH Molekul kitosan yang memiliki muatan positif dapat berinteraksi dengan membran sel mikroorganisme
2	Agen antimikroba	yang bermuatan negatif, sehingga menyebabkan gangguan atau kerusakan pada struktur membran sel. Interaksi ini menghasilkan efek antimikroba dari kitosan.
3	Teknologi Pangan	Kitosan dimanfaatkan sebagai agen flokulan dan adsorben, serta berbagai jenis film berbahan dasar kitosan digunakan dalam pelapisan makanan karena sifat antimikrobanya.
4	Terapi gen	Digunakan untuk mengantarkan berbagai gen dalam aplikasi seperti terapi gen, pengobatan kanker, dan teknologi siRNA.
5	Bio-nanoteknologi	Nanokapsul atau komposit yang mengandung karbon grafit, serta struktur seperti kumis kitin yang dilapisi tungsten karbida, digunakan dalam pembuatan sistem mikro-elektrokimia dan jaringan tiga dimensi (3D) untuk berbagai aplikasi teknologi.
6	Teknologi regeneratif	Digunakan dalam regenerasi tulang, teknologi regenerasi saraf, teknologi regenerasi kornea, terapi regenerasi jantung, dan teknologi regenerasi kulit
7	Pengolahan limbah	kitosan dapat dimanfaatkan untuk menghilangkan limbah berupa padatan tersuspensi dari berbagai

		jenis pabrik pengolahan, seperti industri whey, susu, unggas, serta makanan laut.
8	Kosmetik	Kitosan memiliki sifat antijamur, mampu menyerap sinar ultraviolet, dan bersifat biokompatibel, sehingga cocok untuk dimanfaatkan dalam berbagai formulasi produk kosmetik.
9	Pertanian	Kitosan memiliki sifat antimikroba yang efektif dalam menekan pertumbuhan berbagai patogen tanaman. Selain itu, kitosan juga berperan dalam meningkatkan kadar hormon auksin dan pelepasan urea di tanah, yang berdampak positif pada proses perkecambahan, pertumbuhan akar, dan tinggi tanaman muda. Pada hewan, limbah kitosan dapat dimanfaatkan sebagai tambahan protein dalam pakan.
10	Pelestarian Lingkungan	Dimanfaatkan dalam proses pembersihan lingkungan dari berbagai zat pencemar, baik organik maupun anorganik, seperti logam berat dan pestisida beracun.
11	Terapi Imun	Kitosan dapat merangsang respon imun tubuh dengan mengaktifkan sistem kekebalan humoral, sistem komplemen, serta sel imun CD4+.
12	Produksi Energi	Kitosan memiliki kemampuan menghantarkan ion dalam larutan asam asetat, sehingga berpotensi dimanfaatkan dalam pembuatan baterai berwujud padat (solid-state battery).
13	Imobilisasi Sel	Kitosan berbentuk manik-manik dapat digunakan untuk menjerat atau menahan sel, seperti <i>E. coli</i> , agar tetap berada di satu tempat.

Sumber: (Reshad, et al., 2021)

4.3 Hasil Penelitian Dalam Perspektif Islam

Hasil penelitian yang berjudul “Optimasi Dan Karakterisasi Derajat Deasetilasi Kitosan Jamur *Rhizopus oryzae* Dengan Penambahan Limbah Kulit Pisang Sebagai Sumber Karbon” dapat diketahui bahwa dari spesies jamur tersebut dapat menghasilkan kitosan. Kitosan dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang diantaranya pertanian, kosmetik, industri makanan, farmasi dan obat-obatan (Pari dkk., 2022). Kitosan pada umumnya diproduksi dengan menggunakan bahan dari cangkang krustase seperti udang dan kepiting. Produksi kitosan dari jamur memiliki banyak keunggulan dibandingkan sumber krustase. Kitosan jamur memiliki komposisi yang konstan, tersedia sepanjang tahun, hemat

biaya, derajat deasetil lebih tinggi dan limbah dari hasil produksinya terbebas dari logam berat (Abo Elsoud et al., 2023). Hal ini menunjukkan bahwa Allah SWT menciptakan keanekaragaman hayati (jamur dan krustase) yang memiliki manfaat sebagai bahan produksi kitosan. Allah SWT telah menciptakan beragam jenis makhluk hidup dengan ukuran dan manfaat yang telah ditetapkan, sehingga masing-masing memiliki peran dan kegunaan bagi makhluk lainnya, sebagaimana dijelaskan dalam Q.S. an-Nahl (16): 13.

وَمَا ذَرَأَ لَكُمْ فِي الْأَرْضِ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ ۗ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَذَّكَّرُونَ ﴿١٣﴾

Artinya: “(Dia juga mengendalikan) apa yang Dia ciptakan untukmu di bumi ini dengan berbagai jenis dan macam warnanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang mengambil pelajaran”.

Kata مُخْتَلِفًا yang berarti “berbagai jenis” menurut tafsir Al-Misbah, Quraish Shihab menjelaskan bahwa Allah SWT memberikan banyak nikmat dari berbagai jenis makhluk hidup yang telah diciptakan oleh Allah SWT. Penjelasan ayat tersebut menurut Departemen Agama RI (2008) Allah menjelaskan bahwa Dia juga mengendalikan segala macam benda yang diciptakan-Nya, baik benda-benda itu hanya terdapat di permukaan bumi seperti aneka ragam binatang ternak dan tumbuh-tumbuhan, maupun benda-benda yang terdapat dalam perut bumi, seperti mineral dan barang tambang. Semua itu diciptakan Allah beraneka ragam dalam jenis, bentuk, dan manfaatnya. Di akhir ayat dijelaskan bahwa sesungguhnya pada nikmat-nikmat yang telah diciptakan Allah yang beraneka ragam bentuk itu terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah bagi orang-orang yang mengambil pelajaran. Yaitu bagi mereka yang memahami betapa besarnya nikmat Allah yang telah diberikan kepada mereka dan mensyukuri dengan

memanfaatkannya sebagaimana mestinya dan sesuai dengan keperluan mereka menurut keridhaan Allah SWT.

Implementasi muamalah ma'Allah dijelaskan dari ayat tersebut bahwa Allah Swt telah menundukkan segala ciptaan-Nya di bumi untuk kepentingan manusia, termasuk hewan ternak, buah-buahan, hasil tambang, dan berbagai sumber daya lainnya yang memiliki macam dan fungsi yang beragam. Keberagaman ini mencakup berbagai makhluk hidup, seperti manusia, hewan (seperti kepiting dan udang), tumbuhan, serta jamur (*Rhizopus oryzae*). Keberagaman ini menunjukkan bahwa dalam setiap perbedaan warna dan kegunaan terdapat hikmah dan pelajaran bagi mereka yang mau mempelajari. Hal ini menjadi bukti nyata atas keesaan Allah dan bahwa hanya Dia-lah yang pantas untuk diyakini. Keanekaragaman makhluk hidup yang telah Allah SWT ciptakan tidak terlepas dari nilai masalah bagi antar makhluk hidup lainnya. Melalui penelitian ini dapat diketahui bahwa kitosan dapat diperoleh dari berbagai makhluk hidup diantaranya (krustase dan fungi).

Implementasi mu'amalah mu'allam dijelaskan dalam hasil pada penelitian ini yaitu produksi kitosan jamur *Rhizopus oryzae* yang dioptimalkan menggunakan limbah kulit pisang sebagai substrat didapatkan bahwa jamur juga bisa menghasilkan kitosan. Penelitian ini dapat memberikan informasi bahwa produksi kitosan jamur *Rhizopus oryzae* yang dioptimalkan dengan menggunakan limbah kulit pisang sebagai substrat sumber karbon menghasilkan kitosan yang baik. Penggunaan limbah kulit pisang sebagai substrat sumber karbon *Rhizopus oryzae* memberikan hasil yang signifikan terhadap produksi kitosan dibandingkan dengan menggunakan media komersial (PDB). Kandungan karbohidrat yang

melimpah pada kulit pisang menjadikan media alternatif bagi pertumbuhan jamur. Secara umum, kulit pisang merupakan limbah organik yang masih belum dimanfaatkan secara optimal. Hal ini menunjukkan bahwa limbah kulit pisang masih memiliki nilai manfaat bagi makhluk hidup yaitu sebagai media alternatif pertumbuhan jamur *Rhizopus oryzae*. Allah Swt menciptakan alam semesta beserta seluruh isinya dengan tujuan dan manfaat tertentu, karena pada dasarnya Allah tidak mungkin menciptakan sesuatu tanpa makna atau tanpa tujuan. Sebagaimana dijelaskan dalam Q.S Ali Imran (3): 190-191;

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

Artinya: “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi serta pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal*” (Q.S Ali Imran (3): 190), “(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. Mahasuci Engkau. Lindungilah kami dari azab neraka””. (Q.S Ali Imran (3): 191).

Menurut tafsir Al-Misbah (2007), "Ulul Albab" merujuk pada manusia sebagai khalifah yang memiliki ketajaman berpikir serta mampu menghasilkan gagasan-gagasan orisinal. Menurut Tafsir Fi Zhilal Al-Qur'an Kitab Tafsir Sayyid Quthb adapun kata "al-Albab" adalah bentuk jamak dari "Lubbun" yang berarti isi atau inti 19, arti lain "otak atau fikiran". Ada juga yang artinya al-Aql atau al-Qalb. Dari term-term di atas dapat disimpulkan bahwa ulul albab adalah orang yang memiliki suatu kelebihan berupa aqal, pikiran atau qalb dan mampu menggunakannya.

Manusia dianugerahi kemampuan untuk bernalar, sehingga sebagai khalifah di bumi, ia mampu mengambil hikmah dari wahyu dalam kitab suci maupun dari fenomena alam di sekitarnya. Kecerdasan yang dimiliki manusia memungkinkan mereka memahami berbagai aspek ciptaan Allah dengan lebih mendalam. Segala sesuatu di alam semesta diciptakan dengan tujuan dan manfaat tertentu, tidak ada yang diciptakan tanpa makna. Tumbuhan memiliki khasiat dan memberikan manfaat bagi manusia maupun hewan, di antara berbagai makhluk hidup lainnya. Kandungan karbohidrat yang melimpah pada kulit pisang menjadikan media alternatif bagi pertumbuhan jamur. Implementasi mu'amalah ma'annas dijelaskan dalam penelitian ini bahwa limbah kulit pisang masih memiliki nilai manfaat bagi makhluk hidup yaitu sebagai media alternatif pertumbuhan jamur *Rhizopus oryzae*. Peran manusia dalam Islam sebagai khalifah atau pemimpin sebenarnya bukan hanya sebagai penguasa di bumi, tetapi juga untuk menjaga dan memakmurkan bumi. memahami peran kekhalifahan ini adalah langkah penting dalam melestarikan lingkungan hidup yang semakin rusak dan mencegah kehancuran dunia karena gelar khalifah sering dibahas dalam kaitannya dengan tanggung jawab manusia terhadap pemeliharaan seluruh alam semesta. Salah satu cara pemeliharaan lingkungan dengan memanfaatkan limbah buah yang telah digunakan. Kemajuan teknologi dan pengetahuan seperti sekarang, maka tugas manusia sebagai khalifah yaitu memberikan informasi seperti pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai media alternatif jamur *Rhizopus oryzae* sebagai produksi kitosan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variasi konsentrasi limbah kulit pisang sebagai substrat karbon menggunakan metode fermentasi cair (SmF) berpengaruh terhadap biomassa miselium dan kitosan dari fungi *Rhizopus oryzae*, ditunjukkan dengan peningkatan biomassa kitosan seiring dengan bertambahnya konsentrasi substrat sumber karbon. Produksi maksimum berat kering biomassa miselium dan kitosan terletak pada konsentrasi perlakuan 100% yaitu sebesar 359.3 mg/ml dan 44,27 mg/ml.
2. Derajat deasetilasi (DD) kitosan dari fungi *Rhizopus oryzae* yang dihasilkan melalui variasi konsentrasi substrat kulit pisang dengan metode fermentasi cair berdasarkan analisis FTIR, mencapai sebesar 91,41%.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah:

1. Adapun saran dari penelitian ini adalah untuk menggunakan larutan NaOH dalam proses ekstraksi kitosan untuk meningkatkan nilai derajat deasetilasi.
2. Pemanfaatan substrat limbah lain seperti limbah pertanian atau industri makanan juga dapat dieksplorasi sebagai sumber karbon alternatif yang lebih ekonomis dan melimpah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Gawad, K. M., Hifney, A. F., Fawzy, M. A., & Gomaa, M. (2017). Technology optimization of chitosan production from *Aspergillus niger* biomass and its functional activities. *Food Hydrocolloids*, 68, 34–44.
- Abourehab, M. A. S., Pramanik, S., Abdelgawad, M. A., Abualsoud, B. M., Kadi, A., Ansari, M. J., & Deepak, A. (2022). Recent advances of chitosan formulations in biomedical applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(19), 10975.
- Afriani, Y., Fadli, A., Maulana, S., & Karina, I. (2017). *Sintesis, Kinetika Reaksi*. Agama, Departemen. Al-Quran dan Tafsirnya Cet 2. Jakarta: Departemen Agama RI, 2008.
- Amobonye, A., Lalung, J., Awasthi, M. K., & Pillai, S. (2023). Fungal mycelium as leather alternative: A sustainable biogenic material for the fashion industry. *Sustainable Materials and Technologies*, 38, e00724.
- Amorim, R.V.D.S.; Pedrosa, R.P.; Fukushima, K.; Martínez, C.R.; Ledingham, W.M.; Campos-Takaki, D.; Maria, G. (2006). Alternative Carbon Sources From Sugar Cane Process For Submerged Cultivation of *Cunninghamella bertholletiae* to Produce Chitosan. *Food Technol. Biotechnol.* 44, 519–523.
- Anggraeni, I. A. P. B., Wartini, N. M., & Suhendra, L. (2022). Pengaruh kombinasi Tween 80 dan Span 80 sebagai emulsifier pada enkapsulasi ekstrak bunga kenikir menggunakan gum arab. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 10(4).
- Antunes, F., Marçal, S., Taofiq, O., Morais, A. M. M. B., Freitas, A. C., Ferreira, I. C. F. R., & Pintado, M. (2020). Valorization of mushroom by-products as a source of value-added compounds and potential applications. *Molecules*, 25(11), 2672.
- Aranaz, I., Alcántara, A. R., Civera, M. C., Arias, C., Elorza, B., Heras Caballero, A., & Acosta, N. (2021). Chitosan: An overview of its properties and applications. *Polymers*, 13(22), 3256.
- Arifki, H. H., & Barliana, M. I. (2022). Karakteristik dan manfaat tumbuhan pisang di Indonesia: Review artikel. *Farmaka*, 16(3), 196.
- Azzahra, A. N. A., Al Toriq, M. R., & Firda Sari, Y. A. (2024). Studi penambahan berbagai jenis tepung terhadap kualitas starter tempe berdasarkan parameter lama fermentasi. *Jurnal Biotek*, 12(1), 29.
- Azzahra, N., Jamilatun, M., & 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.
- 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).
- Behera, S. S., & Ray, R. C. (2016). Solid state fermentation for production of microbial cellulases: Recent advances and improvement strategies. *International Journal of Biological Macromolecules*.
- 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, 06001.

- Berger, L. R. R., Stamford, T. C. M., Stamford-Arnaud, T. M., Alcântara, S. R. C. de, Silva, A. C. da, Silva, A. M. da, Nascimento, A. E. do, & Campos-Takaki, G. M. (2014). Green conversion of agroindustrial wastes into chitin and chitosan by *Rhizopus arrhizus* and *Cunninghamella elegans* strains. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(5), 9082–9102.
- Chatterjee, S., & Guha, A. K. (2014). A study on biochemical changes during cultivation of *Rhizopus oryzae* in deproteinized whey medium in relation to chitosan production. *Letters in Applied Microbiology*, 59, 155–160.
- Crognale, S., Russo, C., Petruccioli, M., & D'Annibale, A. (2022). Chitosan production by fungi: Current state of knowledge, future opportunities and constraints. *Fermentation*, 8(2), 76.
- De Souza, A. F., Galindo, H. M., de Lima, M. A. B., Ribeaux, D. R., Rodríguez, D. M., Andrade, R. F. da S., Gusmão, N. B., & de Campos-Takaki, G. M. (2020). Biotechnological strategies for chitosan production by Mucoralean strains and dimorphism using renewable substrates. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(11), 4286.
- Denardi-Souza, T., Massarolo, K. C., Tralamazza, S. M., & Badiale-Furlong, E. (2018). Monitoring of Fungal Biomass Changed by *Rhizopus oryzae* in Relation to Amino Acid and Essential Fatty Acids Profile in Soybean Meal, Wheat and Rice. *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 156-164.
- El-Araby, A., Walid Janati, Riaz Ullah, Sezai Ercisli, and Faouzi Errachidi . (2024). Chitosan, chitosan derivatives, and chitosan-based nanocomposites: eco-friendly materials for advanced applications (a review). *Frontiers in Chemistry*.
- Elsoud, A., M. M., Mohamed, S. S., Selim, M. S., & Sidkey, N. M. (2023). Characterization and optimization of chitosan production by *Aspergillus terreus*. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 48, 93–106.
- Endrawati, D., & Kusumaningtyas, E. (2017). Beberapa fungsi *Rhizopus sp* dalam meningkatkan nilai nutrisi bahan pakan. *WARTAZOA*, 27(2), 081–088.
- Erdogmus, S. F., Altintas, O. E., & Çelik, S. (2023). Production of fungal chitosan and fabrication of fungal chitosan/polycaprolactone electrospun nanofibers for tissue engineering. *Microscopy Research and Technique*.
- Fadhil, A., & Mous, E. F. (2021). Some characteristics and functional properties of chitin produced from local mushroom *Agaricus bisporus*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 761, 012127.
- Free, S. J. (2013). Fungal cell wall organization and biosynthesis. In T. Friedmann, J. C. Dunlap, & S. F. Goodwin (Eds.), *Advances in Genetics* Burlington: Academic Press. Vol. 81, pp. 33–82.
- Gazali, A., & Munawwaroh, A. (2017). Pemanfaatan buah apel (*Malus sylvestris* Mill.) lewat matang sebagai substrat nata de apple. *Jurnal Biota*, 3(2), 1–7.
- Ghormade, V., Pathan, E. K., & Deshpande, M. V. (2017). Can fungi compete with marine sources for chitosan production? *International Journal of Biological Macromolecules*. Advance online publication.
- Gurning, R. N. S., Puarada, S. H., & Fuadi, M. (2021). Pemanfaatan limbah buah pisang menjadi selai kulit pisang sebagai peningkatan nilai guna pisang. *E-DIMAS: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 12(1), 106–111.
- Habibi, A., Karami, S., Varmira, K., & Hadadi, M. (2021). Key parameters optimization of chitosan production from *Aspergillus terreus* using apple

- waste extract as sole carbon source. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 44, 283-295.
- Hahn, T., Tafi, E., Paul, A., Salvia, R., Falabella, P., & Zibek, S. (2020). Current state of chitin purification and chitosan production from insects. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 95, 2775–2795.
- Halwiyah, N., Ferniah, R. S., Raharjo, B., & Purwantisari, S. (2019). Uji antagonisme jamur patogen *Fusarium solani* penyebab penyakit layu pada tanaman cabai dengan menggunakan *Beauveria bassiana* secara in vitro. *Jurnal Akademika Biologi*, 8(2), 8–17.
- Hapsari, L. (2014). Wild *Musa* species collection of Purwodadi Botanic Garden: Inventory and its morpho-taxonomic review. *The Journal of Tropical Life Science*, 4(1), 70–80.
- Hardani, P. T., Perwito, D., & Mayzika, N. A. (2021). Review artikel: isolasi kitin dan kitosan dari berbagai sumber bahan alam. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Riset dan Pengabdian Ke-III (SNHRP-III 2021)*. Hal. 469.
- Hardiansyah, M., Anshary, A., & Nasir, B. (2023). Uji efektivitas jamur *Beauveria bassiana* terhadap pupa *Conopomorpha cramerella* Snellen (Lepidoptera: Gracillariidae) di laboratorium. *e-Journal Agrotekbis*, 11(3), 768–776.
- Hatina, S., Winoto, E., Febriana, I., & Antoni. (2020). Pengaruh karbon aktif kulit pisang putri pada limbah ammonia. *Jurnal Redoks*, 6(1), 7–12.
- Hemmami, H., Ben Amor, I., Ben Amor, A., Zeghoud, S., Ahmed, S., & Alhamad, A. A. (2024). Chitosan, its derivatives, sources, preparation methods, and applications: A review. *Journal of the Optical Society of America A*, 11(1), 341–364.
- 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, 85–98.
- Iber, B. T., Kasan, N. A., Torsabo, D., & Omuwa, J. W. (2022). A review of various sources of chitin and chitosan in nature. *Journal of Renewable Materials*, 10(4).
- Ilham, I., Itnawita, & Dahliaty, A. (2021). Potensi limbah kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca*) sebagai bahan baku pembuatan asam asetat menggunakan berbagai macam starter. *JOM FMIPA*, 1(2), 1–10.
- Ismail, R., Fitriyana, D. F., Bayuseno, A. P., Jamari, Pradiptya, P. Y., Muhamadin, R. C., Nugraha, F. W., Rusiyanto, Setiyawan, A., Bahatmaka, A., Firmansyah, H. N., Anis, S., Irawan, A. P., Siregar, J. P., & Cionita, T. (2023). Investigating the effect of deacetylation temperature on the characterization of chitosan from crab shells as a candidate for organic nanofluids. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 103(2), 55–67.
- Ji, Y., Yang, X., Ji, Z., Zhu, L., Ma, N., Chen, D., ... & Cao, Y. (2020). DFT-calculated IR spectrum amide I, II, and III band contributions of N-methylacetamide fine components. *ACS Omega*, 5(15), 8572–8578.
- Kementrian Agama RI. *Al-Quran dan Tafsirnya*: Edisi yang Disempurnakan. Jakarta: Kementrian Agama RI. 2012.

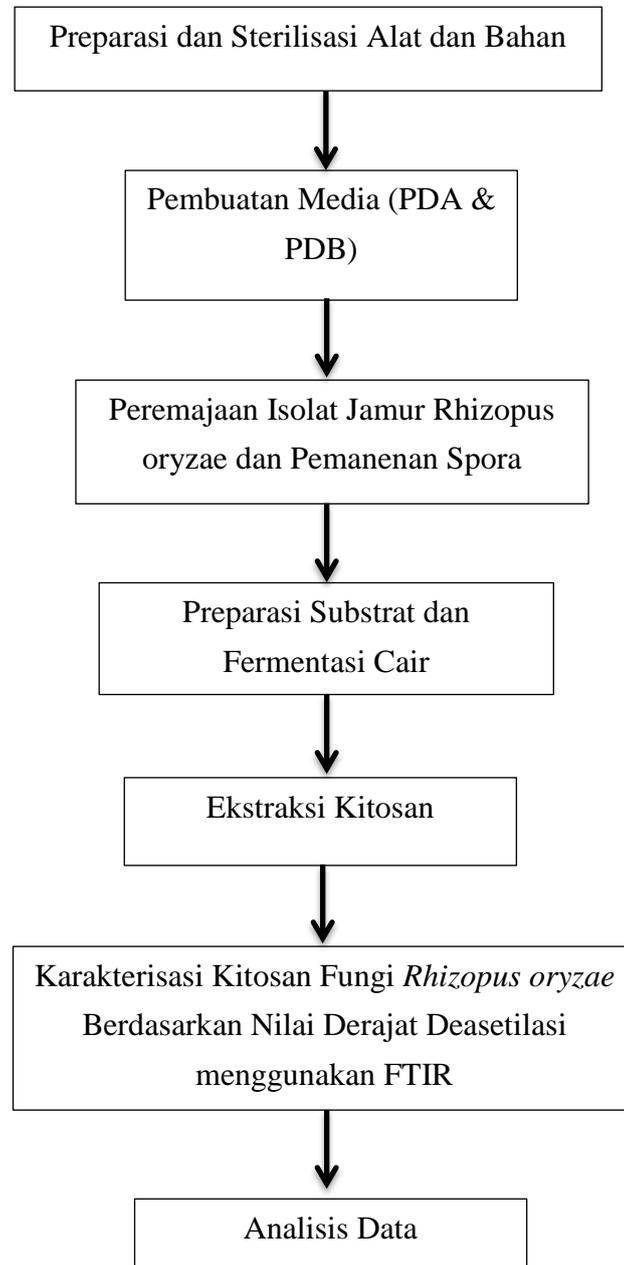
- Korma, S. A., Niazi, S., Alahmad, K., Ammar, A.-F., & Alyousef, H. (2016). Production, classification, properties and application of chitosan. *International Journal of Research in Agricultural Sciences*, 3(3), 171–177.
- Kulka, K., & Sionkowska, A. (2023). Chitosan-based materials in cosmetic applications: A review. *Molecules*, 28(4), 1817.
- Kumirska, J., Czerwicka, M., Kaczyński, Z., Bychowska, A., Brzozowski, K., Thöming, J., & Stepnowski, P. (2010). Application of spectroscopic methods for structural analysis of chitin and chitosan. *Marine Drugs*, 8(5), 1567–1636.
- Kwon, J.-H., Kim, J., & Kim, W.-I. (2011). First report of *Rhizopus oryzae* as a postharvest pathogen of apple in Korea. *Mycobiology*, 39(2), 140–142.
- Li, Q., Dunn, E. T., Grandmaison, E. W., & Goosen, M. F. (2020). *Applications and Properties of Chitosan*. In *Applications of Chitin and Chitosan* (pp. 3–29). CRC Press.
- Mardiana, U. (2021). Isolasi dan karakterisasi kitosan pada kerang darah (*Anadara granosa*). *Journal of BTH Medical Laboratory Technology*, 1(1).
- Merzendorfer, H. (2011). The cellular basis of chitin synthesis in fungi and insects: Common principles and differences. *European Journal of Cell Biology*, 90(9), 759–769.
- Meussen, B. J., de Graaff, L. H., Sanders, J. P. M., & Weusthuis, R. A. (2012). Metabolic engineering of *Rhizopus oryzae* for the production of platform chemicals. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 94(4), 875–886.
- Mulyawati, N. I., Swasono, M. A. H., & Utomo, D. (2019). Pengaruh varietas dan konsentrasi broth kulit pisang sebagai media alternatif pertumbuhan *Aspergillus niger*. *AGROMIX*, 10(2), 114–129.
- Muthmainnah, A. W., Srigele, L., & Jiwintarum, Y. (2019). Penggunaan bahan dasar pisang ambon (*Musa acuminata*) sebagai media alternatif untuk pertumbuhan jamur *Aspergillus niger*. *Jurnal Analis Medika Bio Sains*, 6(2), 93–97.
- Natalia, Sebayang, R., & Kurniawan, I. (2021). Perbedaan jumlah koloni jamur *Trichophyton rubrum* pada media Sabouraud Dextrose Agar dan modifikasi glukosa 3 gr. *Jurnal Penelitian Sains*, 23(3), 134–139.
- Norfajrina, I., Istiqamah, & Indriyani, S. (2021). Jenis-jenis jamur (fungi) makroskopis di Desa Bandar Raya Kecamatan Tamban Catur. *AL KAWNU: Science and Local Wisdom Journal*, 1(1), 17–33.
- Nurfitriyana, N., Fithri, N. A., Fitria, F., & Yanuarti, R. (2022). Analisis interaksi kimia Fourier transform infrared (FTIR) tablet gastroretentif ekstrak daun petai (*Parkia speciosa* Hassk) dengan polimer HPMC-K4M dan kitosan. *IONTech*, 3(2), 27–33.
- Pari, R. F., Mayangsari, D., & Hardiningtyas, S. D. (2022). Depolimerisasi kitosan dari cangkang udang dengan enzim papain dan iradiasi sinar ultraviolet. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(1), 118–125.
- Pellis, A., Guebitz, G. M., & Nyanhongo, G. S. (2022). Chitosan: Sources, processing and modification techniques. *Gels*, 8(7), 393.
- Peng Yi, A. (2022). Principles and case studies of fed-batch fermentation and continuous fermentation. *Journal of Clinical and Nursing Research*, 6(2).

- Priyanka, K., Umesh, M., & Preethi, K. (2023). Banana peels as a cost-effective substrate for fungal chitosan synthesis: optimisation and characterisation. *Environmental Technology*.
- Rohmah, I. N., & Alif, T. (2021). Uji pengembangan spora entomopatogen *Lecanicillium lecanii* menggunakan hemocytometer. *Jurnal Matematika & Sains*, 1(2), 143–150.
- Rohmi, Z., Fikri, Z., & Pujasari, N. K. R. (2019). Ubi jalar putih (*Ipomoea batatas* L.) media alternatif pertumbuhan *Aspergillus niger*. *Jurnal Kesehatan Prima*, 13(2), 1–10.
- Rumengan, I. F. M., Suptijah, P., Salindeho, N., Wullur, S., & Luntungan, A. H. (2018). *Nanokitosan dari sisik ikan: Aplikasinya sebagai pengemas produk perikanan*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sam Ratulangi: Sulawesi Utara.
- Reshad, R. A. I., Jishan, T. A., & Chowdhury, N. N. (2021). Chitosan and its broad applications: A brief review. *Journal of Clinical and Experimental Investigations*, 12(4).
- Sada, A., Sugijanto, N. E., & Poernomo, A. T. (2021). Produksi enzim fibrinolitik tempe oleh *Rhizopus oryzae* FNCC 6078. *Berkala Ilmiah Kimia Farmasi*, 8(1), 1–6.
- Safitri, D. I., Hendrawati, N., & Ramadhana, R. (2024). Pemanfaatan tongkol jagung dalam pembuatan karbon aktif dengan aktivator NaOH dan Na₂CO₃. *Distilat*, 10(1), 113–121.
- Sari, N. W., Fajri, M. Y., & Anjas. W. (2018). Analisis fitokimia dan gugus fungsi dari ekstrak etanol pisang Goroho Merah (*Musa acuminata* (L.)). *IJOB*, 2(1).
- Sariamanah, W. O. S., Munir, A., & Agriansyah, A. (2016). Karakterisasi morfologi tanaman pisang (*Musa paradisiaca* L.) di Kelurahan Tobimeita Kecamatan Abeli Kota Kendari. *Jurnal AMPIBI*, 1(3), 32–41.
- Sayid Quthb, Tafsir Fi Zhilal al-Qur'an Beirut: Darus Syuruq, t.th.
- Setha, B., Rumata, F., & Silaban, B. 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.
- Sulistiyani, M., & Huda, N. (2018). Perbandingan metode transmisi dan reflektansi pada pengukuran polistirena menggunakan instrumentasi spektroskopi Fourier Transform Infrared. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2).
- Surbakti, E. S. P., Duniaji, A. S., & Nocianitri, K. A. (2022). Pengaruh jenis substrat terhadap pertumbuhan *Rhizopus oligosporus* DP02 Bali dalam pembuatan ragi tempe. *Itepa: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 11(1), 92–99.
- Suseno, J. E., & Firdausi, K. S. (2008). Rancang bangun spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared) untuk penentuan kualitas susu sapi. *Berkala Fisika*, 11(1), 23–28.
- Syamsulhadi, M., Ramadhan, V. T., & Widjayanti, T. (2023). Pertumbuhan jamur *Beauveria bassiana* pada beberapa tingkat keasaman media dan suhu penyimpanan serta efektivitasnya terhadap hama *Spodoptera litura*. *Jurnal HPT*, 11(1), 28.

- Synowiecki, J., & Al-Khateeb, N. A. (2003). Production, properties, and some new applications of chitin and its derivatives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(2), 145–171.
- Tan, S.C.; Tan, T.K.; Wong, S.M.; Khor, E. (2020). The Chitosan Yield of Zygomycetes at Their Optimum Harvesting Time. *Carbohydrate Polymer*, 30, 239–242.
- Tebar, N. M., José A. Pérez-Álvarez, Juana Fernández-López and Manuel Viuda-Martos. (2023). *Polymers*, 2023, 15, 396.
- Wahyuni, Ahmad, R., & Nurakhirawati, N. (2016). Pengaruh waktu proses deasetilasi kitin dari cangkang bekicot (*Achatina fullica*) terhadap derajat deasetilasi. *Kovalen*, 2(1), 1–7.
- Wahyuni, W., Fauzan, S., Putri, D. M., & Setiaji, Y. T. (2021). Pelatihan pembuatan tepung pisang sebagai bentuk pemanfaatan potensi lokal dalam mendukung perekonomian di Desa Sumberejo, Kabupaten Malang. *Jurnal Sinergi: Pengabdian UMMAT*, 4(1), 1–6.
- Wawan, M. (2017). *Pengelolaan Bahan Organik*. Universitas Riau.
- Weißpflug, J., Vehlow, D., Müller, M., Kohn, B., Scheler, U., Boye, S., & Schwarz, S. (2021). Characterization of chitosan with different degree of deacetylation and equal viscosity in dissolved and solid state – Insights by various complimentary methods. *International Journal of Biological Macromolecules*, 171, 242–261.
- Widhaswara, C. Y., & Sardjito. (2017). Penentuan kawasan agropolitan berdasarkan komoditas unggulan tanaman hortikultura di Kabupaten Malang. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 2337-3520.
- Wignyanto., dan Hidayat, Nur. (2017). *Bioindustri*. UB Press: Malang.
- Wu, H., & Yi, T. (2023). The mechanism and application of chitin and chitosan. *Journal of Physics: Conference Series*, 2608(1).
- Wulandari, S., (2021). Sterilisasi Peralatan dan Media Kultur Jaringan. *Journal Of Agrotechnology Innovation*. Volume. 4(2): 16-19.
- Wulandari, S., Nisa, Y. S., Taryono, & Sayekti, R. R. R. (2021). Sterilisasi peralatan dan media kultur jaringan. *Agrinova: Journal of Agrotechnology Innovation*, 4(2), 16–19.
- Yanti, I., Sationo, P. P., Winata, W. F., Anugrahwati, M., Anas, A. K., & Swasono, Y. A. (2023). Effectiveness of activated carbon magnetic composite from banana peel (*Musa acuminata*) for recovering iron metal ions. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8, 100378.
- Younes, I., & Rinaudo, M. (2015). Chitin and chitosan preparation from marine sources: Structure, properties, and applications. *Marine Drugs*, 13(3), 1133–1174.
- Yuliana, R., & Taufiq Qurrohman, M. (2022). Pengaruh variasi konsentrasi sari pati buah sukun sebagai alternatif media semi sintesis pada pertumbuhan jamur *Candida albicans*. *Journal of Indonesian Medical Laboratory and Science*, 3(1), 65–79.
- Zohri, A. A., Ragab, S. W., Mekawi, M. I., & Mostafa, O. A. A. (2017). Comparison between batch, fed-batch, semi-continuous and continuous techniques for bio-ethanol production from a mixture of Egyptian cane and beet molasses. *Egyptian Sugar Journal*, 9, 89–111.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Alur Penelitian



Lampiran 2. Penetapan konsentrasi yang digunakan.

$$0\% \text{ (kontrol)} = \frac{0}{100} \times 100 = 0 \text{ ml}$$

$$60\% \text{ ekstrak limbah kulit pisang} = \frac{60}{100} \times 100 = 60 \text{ ml}$$

$$80\% \text{ ekstrak limbah kulit pisang} = \frac{80}{100} \times 100 = 80 \text{ ml}$$

$$100\% \text{ ekstrak limbah kulit pisang} = \frac{100}{100} \times 100 = 100 \text{ ml}$$

Lampiran 3. Perhitungan Nilai Derajat Deasetilasi

$$A_{3450} = \log \frac{99}{69} = 0,1567$$

$$A_{1665} = \log \frac{74}{71} = 0,0179$$

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

$$= \% DD = \left[100 - \left(\frac{A_{0,0179}}{A_{0,1567}} \right) \times \frac{100}{1,33} \right]$$

$$= \% DD = \left[100 - (0,1142) \times \frac{100}{1,33} \right]$$

$$= \% DD = \left[100 - \frac{11,42}{1,33} \right]$$

$$= \% DD = [100 - 8,586]$$

$$= \% DD = 91,41$$

Lampiran 4. Analisis Data Statistic SPSS Biomassa Kitin

Uji Normalitas

		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	konsentrasi perlakuan	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
biomassa miselium	0%	.349	3	.	.832	3	.193
	60%	.356	3	.	.816	3	.154
	80%	.267	3	.	.951	3	.576
	100%	.352	3	.	.824	3	.174

a. Lilliefors Significance Correction

Nilai signifikansi > 0,05 maka data terdistribusi normal

Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

biomassa miselium

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.553	3	8	.129

Nilai signifikansi > 0,05 maka data homogen

Uji One way ANOVA

ANOVA

biomassa miselium

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.133	3	.044	10.072	.004
Within Groups	.035	8	.004		
Total	.168	11			

Nilai signifikansi < 0,05 maka terdapat perbedaan nyata berat miselium dari pemberian variasi konsentrasi yang berbeda

Lampiran 5. Analisis Data Statistik SPSS Biomassa Kitosan.

Uji Normalitas

		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Konsentrasi Perlakuan		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Biomassa Kitosan	Kontrol	.308	3	.	.902	3	.391
	60%	.308	3	.	.902	3	.390
	80%	.187	3	.	.998	3	.914
	100%	.238	3	.	.975	3	.700

a. Lilliefors Significance Correction

Nilai signifikansi > 0,05 maka data terdistribusi normal

Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

Biomassa Kitosan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.765	3	8	.231

Nilai signifikansi > 0,05 maka data homogen

Uji One way ANOVA

ANOVA

Biomassa Kitosan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	3	.000	7.300	.011
Within Groups	.000	8	.000		
Total	.001	11			

Nilai signifikansi < 0,05 maka terdapat perbedaan nyata berat kitosan dari pemberian variasi konsentrasi yang berbeda

Uji Lanjut Duncan

Biomassa Kitosan

Duncan^{a,b}

Konsentrasi Perlakuan	N	Subset		
		1	2	3
Kontrol	3	.019533		
60%	3	.030900	.030900	
80%	3		.036333	.036333
100%	3			.044267
Sig.		.070	.347	.183

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 4.432E-5.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

Uji lanjut Duncan nilai biomassa kitosan menunjukkan perbedaan nyata pada konsentrasi 60% dan 100% dengan ditandai perbedaan notasi yaitu a dan c.

Lampiran 6. Hasil Biomassa Kering Kitin dan Kitosan Jamur *Rhizopus oryzae*

Tabel Biomassa Kitin Jamur *Rhizopus oryzae*

Konsentrasi	Ulangan			Total mg/ml	Rata-rata mg/ml
	1	2	3		
Kontrol (PDB)	112.9	112.6	34.8	260.3	86.77
60%	59.6	179.4	168.7	407.7	135.9
80%	217.2	284.9	264.3	766.4	255.5
100%	293.9	311.8	472.3	1078	359.3

Tabel Biomasssa Kitosan Jamur *Rhizopus oryzae*

Konsentrasi	Ulangan			Total mg/ml	Rata-Rata mg/ml
	1	2	3		
Kontrol (PDB)	21.2	19	18.4	58.6	19.53
60%	25.6	38.7	28.4	92.7	30.9
80%	35.8	26.3	46.9	109	36.33
100%	48.4	45.1	39.3	132.8	44.27

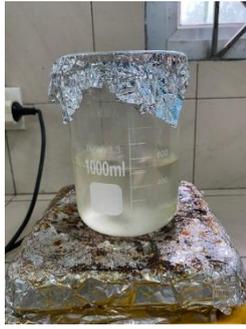
Tabel Dokumentasi Biomassa Kering Kitosan

Perlakuan control (PDB)		
Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
		
Perlakuan 60%		
Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
		
Perlakuan 80%		
Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
		

Perlakuan 100%		
Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
		

Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian

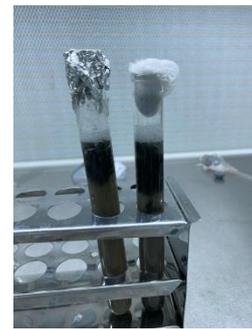
 <p>Pembuatan media PDA</p>	 <p>Pembuatan media PDB</p>	 <p>Peremajaan isolat</p>
 <p>Isolat berumur 1 hari</p>	 <p>Isolat berumur 7 hari</p>	 <p>Preparasi substrat cair Limbah Kulit pisang</p>
 <p>Kulit pisang setelah pengovenan</p>	 <p>Kulit pisang kering yang sudah dihaluskan</p>	 <p>Sumber karbon kulit pisang</p>



Pembuatan Sumber N



Pemanenan spora



Suspensi spora



Inokulasi suspensi spora ke media fermentasi



Fermentasi cair selama 144 jam



Pemisahan miselium dari media fermentasi



Miselium



Ekstraksi kitosan dengan penambahan asam dan basa



Kitosan



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 : Deny Vianto Chahyo Mahendra
NIM : 210602110044
Judul : Optimasi dan Karakterisasi Derajat Deasetilasi Kitosan Jamur *Rhizopus oryzae* dengan Penambahan Limbah Kulit Pisang Sebagai Substrat Sumber Karbon

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	247	
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc		



Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi

Prof. Dyka Sandi Savitri, M.P
NID. 19741018 200312 2 002



JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

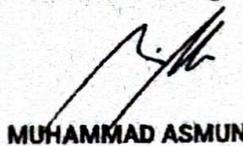
NIM : 210602110044
 Nama : DENY VIAN TO CHAHO MAHENDRA
 Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
 Jurusan : BIOLOGI
 Dosen Pembimbing 1 : PRILYA DEWI FITRIASARI, M.Sc
 Dosen Pembimbing 2 : MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si
 Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KULIT PISANG SEBAGAI SUBSTRAT SUMBER KARBON TERHADAP NILAI DERAJAT DEASETILASI KITOSAN JAMUR *Rhizopus oryzae*

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	04 Juni 2024	PRILYA DEWI FITRIASARI, M.Sc	Konsultasi Judul Skripsi	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
2	02 September 2024	PRILYA DEWI FITRIASARI, M.Sc	Konsultasi Bab III	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
3	06 September 2024	PRILYA DEWI FITRIASARI, M.Sc	Revisi Bab III dan Konsultasi Bab I	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
4	02 Oktober 2024	PRILYA DEWI FITRIASARI, M.Sc	Revisi dan Konsultasi Bab I dan III	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
5	18 Oktober 2024	PRILYA DEWI FITRIASARI, M.Sc	Revisi dan Bimbingan Bab I, II, dan III	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
6	29 Oktober 2024	PRILYA DEWI FITRIASARI, M.Sc	Pengecekan Terakhir Proposal Skripsi	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
7	29 Oktober 2024	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Konsultasi Integrasi Bab I dan II	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
8	11 November 2024	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Revisi terakhir Integrasi Bab I dan II	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
9	04 Februari 2025	PRILYA DEWI FITRIASARI, M.Sc	Konsultasi Penelitian	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
10	21 Februari 2025	PRILYA DEWI FITRIASARI, M.Sc	Konsultasi Penelitian	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
11	08 Maret 2025	PRILYA DEWI FITRIASARI, M.Sc	Konsultasi hasil penelitian	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
12	21 April 2025	PRILYA DEWI FITRIASARI, M.Sc	Konsultasi bab 4 Hasil penelitian	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
13	30 April 2025	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Konsultasi sains dan integrasi bab 4	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
14	02 Mei 2025	PRILYA DEWI FITRIASARI, M.Sc	Konsultasi hasil revisi bab 4	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi

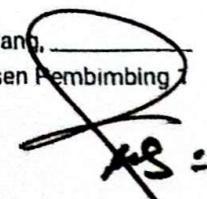
Telah disetujui
 Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2


 MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si



Malang,
 Dosen Pembimbing 1


 PRILYA DEWI FITRIASARI, M.Sc