

4.1 Isolasi Kapang dari Umbi Kentang (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Pascapanen..	41
4.2 <i>Screening</i> Kapang Inulinolitik pada Media Inulin Screening Medium (ISM).....	45
4.3 Karakteristik Makroskopis dan Mikroskopis Kapang Inulinolitik dari Umbi Kentang Pascapanen.....	48
4.4 Pengukuran Berat Kering Kapang Inulinolitik dari Umbi Kentang.....	51
4.5 Aktivitas Enzim Inulinase pada Variasi Suhu dan pH Isolat I-13.....	54
4.6 Identifikasi Molekuler Kapang Inulinolitik dari Umbi Kentang Pascapanen.....	59
V.KESIMPULANAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	67
UCAPAN TERIMA KASIH.....	74
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Umbi kentang (<i>Solanum tuberosum</i>)	7
Gambar 2. 2 (a) Struktur terikat ligan (b) Rumus Kimia pemecahan enzim	8
Gambar 2. 3 Kapang <i>Penicillium tibetense</i>	11
Gambar 2.4 Morfologi <i>Fusarium oxysporum</i>	12
Gambar 2. 5 Sistem biorefineri untuk konversi inulin	18
Gambar 3. 1 Diagram alir.....	23
Gambar 4. 1 Hasil Screening Kapang Inulinolitik di Media PDA.....	42
Gambar 4.2 Karakteristik Makroskopis Kapang Inulinolitik dari Umbi Kentang...	48
Gambar 4. 3 Karakteristik Mikroskopis Kapang Inulinolitik dari Umbi Kentang....	47
Gambar 4. 4 Grafik Pengukuran Berat Kering Kapang Inulinolitik I-13	52
Gambar 4. 5 Grafik Aktivitas Enzim Inulinase I-13	53
Gambar 4. 6 Diagram Batang I-13 Aktivitas Enzim pada hari ke-4.....	57
Gambar 4.7 Hasil identifikasi molekuler isolat kapang I-13	59
Gambar 4.8 Pohon Filogenetik Isolasi I-13	59

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rancangan Percobaan Uji Aktivitas Inulinase Kapang I-13.....	37
Tabel 4.1 Morfologi Makroskopis Hasil Isolasi Kapang.....	41
Tabel 4.2 Hasil BLAST sekuens DNA.....	58
Tabel 4.3 Jarak Genetik Isolat I-13.....	61

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapang merupakan kelompok mikroorganisme eukariotik dari fungi filamentous. Kapang mampu menghasilkan berbagai enzim ekstraseluler untuk menguraikan senyawa kompleks menjadi lebih sederhana, sehingga berperan penting dalam produksi enzim hidrolitik. Beberapa genus seperti *Aspergillus*, *Penicillium*, dan *Rhizopus* diketahui mampu menghasilkan enzim inulinase melalui fermentasi pada berbagai jenis substrat umbi-umbian (Yazici *et al.*, 2021). Genus *Fusarium* juga dilaporkan mampu menghasilkan enzim inulinase, misalnya *Fusarium oxysporum* yang memproduksi endo-inulinase (Rawat *et al.*, 2023). Kapang penghasil enzim inulinase dikenal sebagai kapang inulinolitik, yang berperan dalam menghidrolisis inulin menjadi fruktosa dan fruktooligosakarida (FOS) (Deepshikha *et al.*, 2026).

Umbi kentang (*Solanum tuberosum*) mengandung karbohidrat tinggi berupa pati kisaran $\pm 74\text{--}78\%$ dari bobot kering umbi. Pati kentang tersusun atas dua komponen utama, yaitu amilosa (15–30%) dan amilopektin (70–85%), yang menentukan sifat fungsional seperti viskositas, gelatinisasi, dan kemampuan membentuk gel transparan. Kandungan pati yang tinggi menjadikan kentang sebagai sumber energi utama sekaligus bahan baku penting dalam industri pangan maupun non-pangan (Brązkiewicz *et al.*, 2025). Umbi kentang juga mengandung inulin sekitar 7% (Mangguali *et al.*, 2024).

Inulin merupakan polisakarida cadangan yang tersusun atas unit fruktosa dengan ikatan β -(2 $\rightarrow$ 1) dan satu unit glukosa terminal, yang banyak ditemukan pada tanaman umbi-umbian seperti cikori (Zhang *et al.*, 2024). Inulin berperan penting dalam meningkatkan kesehatan pencernaan dan menjaga homeostasis metabolik. Sebagai prebiotik, inulin tidak dicerna oleh enzim pencernaan manusia, melainkan difermentasi oleh mikrobiota usus sehingga menghasilkan SCFA (*Short-Chain Fatty Acids*) yang mendukung metabolisme glukosa, mengurangi inflamasi, dan meningkatkan sensitivitas insulin (Sanlier *et al.*, 2026). Keberadaan inulin dalam substrat penting karena dapat dimanfaatkan kapang inulinolitik sebagai sumber karbon spesifik melalui aktivitas enzim inulinase yang menghidrolisis menjadi fruktosa dan fruktooligosakarida (Braz da Silva *et al.*, 2023).

Enzim inulinase dibedakan menjadi dua tipe, yaitu exo-inulinase dan endo-inulinase. Exo-inulinase memutus unit fruktosa dari ujung rantai. Endo-inulinase memecah ikatan internal, sehingga menghasilkan FOS (Deepshikha *et al.*, 2026). Produk hasil hidrolisis enzim inulinase memiliki nilai ekonomi tinggi karena fruktosa digunakan sebagai pemanis alami, sedangkan fruktooligosakarida (FOS) berfungsi sebagai prebiotik yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme menguntungkan dalam saluran pencernaan (Sanlier *et al.*, 2026). Produksi enzim inulinase dapat dilakukan melalui fermentasi cair maupun padat seperti SSF (*Solid State Fermentation*) dengan efisiensi yang bervariasi tergantung kondisi substrat

dan lingkungan. (Oliveira *et al.*, 2022). Enzim inulinase memiliki peran penting dalam mendukung produksi senyawa fungsional berbasis inulin. Optimalisasi produksi enzim tidak hanya ditentukan oleh jenis substrat agroindustri dan kondisi fermentasi, tetapi juga oleh ketepatan identifikasi mikroorganisme penghasilnya (Oliveira *et al.*, 2022).

Identifikasi molekuler dilakukan untuk memastikan spesies secara akurat, terutama pada isolat yang digunakan dalam produksi enzim (Wang *et al.*, 2020). Salah satu pendekatan yang umum digunakan dalam identifikasi molekuler fungi adalah *DNA barcoding* dengan daerah *Internal Transcribed Spacer* (ITS). Segmen rDNA memiliki variasi genetik tinggi antarspesies sehingga banyak dipakai sebagai marker universal, meskipun tetap memiliki keterbatasan karena adanya variabilitas intraspesies (Badotti, 2023). Keakuratan identifikasi mikroorganisme penghasil enzim perlu ditopang oleh analisis molekuler yang mampu memastikan spesies secara tepat (Wang *et al.*, 2020).

Penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada pemanfaatan sumber inulin tinggi seperti cikori dalam produksi fruktooligosakarida (Wienberg *et al.*, 2022), serta pada proses produksi enzim tanpa integrasi analisis molekuler secara komprehensif (Oliveira *et al.*, 2022). Umbi kentang sendiri diketahui sering terkolonisasi oleh kapang seperti *Fusarium oxysporum* (Rawat *et al.*, 2023), *Rhizopus stolonifer*, dan *Aspergillus niger* yang berpotensi menghasilkan enzim inulinase (Gavrilova *et al.*, 2024). Eksplorasi kapang inulinolitik dari substrat alternatif seperti umbi kentang

dengan pendekatan yang menggabungkan karakterisasi enzim dan identifikasi molekuler masih jarang dilakukan, sebagaimana ditunjukkan oleh studi yang lebih banyak berfokus pada substrat konvensional (Oliveira *et al.*, 2022) serta keterbatasan integrasi molekuler (Bradshaw *et al.*, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi kapang inulinolitik dari umbi kentang, mengkarakterisasi aktivitas enzim inulinase, serta melakukan identifikasi molekuler berbasis *DNA barcoding* dalam satu rangkaian penelitian yang sistematis.

1.2 Rumusan Masalah

- 1.2.1 Bagaimana hasil eksplorasi kapang inulinolitik yang diisolasi dari umbi kentang (*Solanum tuberosum*) ?
- 1.2.2 Bagaimana pengaruh variasi suhu dan pH terhadap aktivitas enzim kapang inulinolitik yang berhasil diisolasi dari umbi kentang (*Solanum tuberosum*) ?
- 1.2.3 Bagaimana karakter molekuler kapang inulinolitik yang berhasil diisolasi umbi kentang menggunakan *DNA barcoding* ?

1.3 Tujuan

- 1.3.1 Mengeksplorasi kapang inulinolitik yang berhasil diisolasi dari umbi kentang (*Solanum tuberosum*).
- 1.3.2 Menganalisis pengaruh variasi pH dan suhu terhadap aktivitas enzim kapang inulinolitik yang berhasil diisolasi dari umbi kentang.
- 1.3.3 Mendeskripsikan karakter molekuler kapang inulinolitik yang berhasil diisolasi dari umbi kentang melalui analisis *DNA barcoding*.

1.4 Manfaat Penelitian

- 1.4.1 Menemukan kapang yang berhasil diisolasi dari umbi kentang sebagai sumber enzim lokal potensial.
- 1.4.2 Memberikan informasi analisis pengaruh variasi pH dan suhu terhadap aktivitas enzim kapang inulinolitik yang berhasil diisolasi dari umbi kentang.
- 1.4.3 Memberikan informasi identifikasi genetik kapang inulinolitik berbasis *DNA barcoding*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umbi Kentang

Umbi kentang (*Solanum tuberosum*) merupakan bagian tanaman yang mengandung cadangan karbohidrat dalam jumlah tinggi, terutama dalam bentuk pati. Pati dalam umbi kentang menjadi komponen utama penyusun umbi dan mengalami perubahan struktur serta sifat fisikokimia selama fase penyimpanan atau dormansi, yang berkaitan dengan aktivitas metabolisme di dalam umbi (Wasserman *et al.*, 2022). Nutrisi yang terkandung dalam kentang menjadikannya bukan hanya sebagai bahan pangan, tetapi juga sebagai substrat potensial bagi pertumbuhan kapang. Kandungan pati pada limbah kulit kentang dapat berfungsi sebagai sumber karbon dan energi yang mendukung proses metabolisme serta produksi senyawa hasil fermentasi seperti etanol dan asam laktat (Ozer Uyar & Uyar, 2023).

Umbi kentang selain memiliki kandungan pati yang tinggi yaitu 74-78%, umbi kentang juga memiliki kandungan inulin sekitar 7%. Kandungan inulin pada umbi kentang sebanyak 7% menjadikan kentang tidak hanya berfungsi sebagai bahan pangan, tetapi juga sebagai substrat alami yang dapat mendukung pertumbuhan kapang (Mangguali *et al.*, 2024). Umbi kentang setelah dipanen mengalami perubahan fisiologis yang meningkatkan kadar air dan melemahkan struktur jaringan, sehingga memudahkan kolonisasi kapang (Gavrilova *et al.*, 2024). Kondisi lembab tersebut mendukung pertumbuhan kapang daftar seperti *Aspergillus niger*,

Rhizopus stolonifer, dan *Fusarium solani* yang berperan dalam dekomposisi bahan organik. Infeksi *Fusarium* selama penyimpanan terbukti menimbulkan *dry rot*, yaitu kerusakan jaringan yang berdampak pada penurunan mutu fisik dan kimia umbi kentang (Gavrilova *et al.*, 2024).



Gambar 2. 1 Umbi kentang (*Solanum tuberosum*)
(Dokumentasi pribadi, 2025).

Pemanfaatan kentang sebagai substrat fermentasi didukung oleh kandungan karbohidrat, terutama pati, yang mampu menunjang aktivitas kapang dalam menghasilkan enzim. Penelitian menunjukkan bahwa substrat berbasis tanaman dapat digunakan dalam proses biokonversi untuk menghasilkan senyawa bernilai seperti fruktosa dan fruktooligosakarida (FOS) melalui aktivitas enzimatik mikroba (Belmonte-Izquierdo *et al.*, 2023).

2.2 Inulin

Inulin merupakan biopolimer alami yang tersusun dari rantai fruktosa berikatan β -(2 $\rightarrow$ 1) glikosidik dengan satu unit glukosa terminal