

**AKTIVITAS ANTIJAMUR NANOPARTIKEL PERAK HASIL
SINTESIS HIJAU BERBASIS EKSTRAK DAUN MELINJO
(*Gnetum gnemon* L.) DAN PENGARUHNYA TERHADAP
POPULASI MIKROBA PADA PASTA CABAI HIJAU**

TUGAS AKHIR

**Karya Tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Universitas Pasundan**

**Oleh:
LEONARDUS CALVIN WICAKSANA
NPM: 223020018**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2026**

ABSTRAK

AKTIVITAS ANTIJAMUR NANOPARTIKEL PERAK HASIL SINTESIS HIJAU BERBASIS EKSTRAK DAUN MELINJO (*Gnetum gnemon* L.) DAN PENGARUHNYA TERHADAP POPULASI MIKROBA PADA PASTA CABAI HIJAU

Oleh

Leonardus Calvin Wicaksana
NPM: 223020018
(Program Studi Teknologi Pangan)

Pasta cabai hijau merupakan bumbu masak yang umum dikonsumsi di Indonesia, namun produk ini sangat mudah rusak dan rentan terhadap pembusukan oleh jamur. Kekhawatiran konsumen terhadap risiko kesehatan dari pengawet sintetis mendorong pemanfaatan terhadap pengawet alami, seperti ekstrak daun melinjo (*Gnetum gnemon* L.). Namun, ekstrak tanaman seringkali memiliki bioaktivitas yang lebih lemah dibandingkan aktivitas pengawet sintetis, oleh sebab itu diperlukan peningkatan bioaktivitas, salah satunya melalui nanoteknologi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik fisikokimia dari bubuk daun melinjo, meliputi aktivitas air (a_w), kadar air, warna, dan pH, mensintesis nanopartikel perak daun melinjo (ML-AgNPs), menentukan aktivitas antijamur dari ekstrak daun melinjo (EDM) dan ML-AgNPs terhadap jamur perusak pangan, serta mengevaluasi pengaruhnya terhadap populasi mikroba pada pasta cabai hijau dalam berbagai konsentrasi dan kondisi penyimpanan. Tahapan penelitian diawali dengan pengeringan daun melinjo segar dan digiling menjadi bubuk halus yang kemudian bubuk daun melinjo dianalisis karakteristik fisikokimianya meliputi a_w , kadar air, warna, dan pH. Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 99,50% untuk menghasilkan ekstrak kasar. Sintesis ML-AgNPs dilakukan dengan cara melarutkan 10% ekstrak daun melinjo ke dalam 1mM $AgNO_3$. Setelah itu dilakukan penentuan aktivitas antijamur dengan metode *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI), meliputi *Well Diffusion Assay* (WDA), *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC), *Minimum Fungicidal Concentration* (MFC). Jamur yang diuji meliputi *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Rhizopus oligosporus*, dan *R. oryzae*. Pengaruh EDM dan ML-AgNPs terhadap populasi jamur pada pasta cabai hijau dengan konsentrasi (0,01%, 0,1%, 1,00%) dan kondisi penyimpanan berbeda (suhu ruang, $25 \pm 2^\circ C$; dan suhu dingin, $4 \pm 2^\circ C$) dianalisis selama 10 hari menggunakan *Total Fungal Count* (TFC). Hasil analisis fisikokimia bubuk daun melinjo menunjukkan nilai a_w $0,581 \pm 0,003$, kadar air $7,73 \pm 0,32\%$, warna $L^* 41,40 \pm 0,95$, $a^* -3,39 \pm 0,02$, dan $b^* 10,09 \pm 0,61$, dan pH $5,94 \pm 0,01$. Proses ekstraksi menghasilkan rendemen $8,82 \pm 0,00\%$ (EDM). Aktivitas antijamur dari 10,00% EDM dan 1,00% ML-AgNPs menggunakan WDA menghasilkan zona hambat masing-masing berkisar antara $6,77 \pm 0,21$ mm hingga $8,17 \pm 0,62$ mm, dan $7,83 \pm 0,76$ mm hingga $17,67 \pm 0,76$ mm, dengan perbedaan yang signifikan

($p < 0,05$). Pertumbuhan seluruh jamur uji dapat dihambat dan dimatikan oleh EDM dan ML-AgNPs dengan nilai MIC masing-masing berkisar antara 0,20 hingga 12,50 mg/mL dan 0,31 hingga 5,00 mg/mL. Hasil ini menunjukkan potensi antijamur yang meningkat dari ML-AgNPs terhadap jamur perusak pangan secara *in vitro*. Pada aplikasi pasta cabai hijau, efektivitas eliminasi jamur oleh EDM sangat fluktuatif terhadap suhu (1,00% di suhu ruang; 0,10% di suhu dingin). Sebaliknya, ML-AgNPs menunjukkan pemusnahan yang jauh lebih superior. ML-AgNPs 0,01% mengeliminasi total jamur pada suhu ruang (hari ke-4) karena terhindar dari agregasi partikel, sedangkan formulasi 0,10% menjadi fungisida tercepat pada suhu dingin (hari ke-3). Kesimpulannya, ML-AgNPs dapat direkomendasikan sebagai alternatif pengawet pasta cabai hijau alami.

Kata kunci: Aktivitas antijamur, melinjo (*G. gnemon* L.), nanoteknologi, pasta cabai hijau, pengawet alami.

SDG: 3 – *Good Health and Well Being*

SDG: 12 – *Responsible Consumption and Production*



ABSTRACT

ANTIFUNGAL ACTIVITY OF GREEN SYNTHESIZED SILVER NANOPARTICLES USING MELINJO (*Gnetum gnemon* L.) LEAF EXTRACT AND ITS EFFECT ON MICROBIAL POPULATIONS IN GREEN CHILI PASTE

By

Leonardus Calvin Wicaksana

NIM: 223020018

(Department of Food Technology)

*Green chili paste is a commonly consumed culinary condiment in Indonesia; however, this product is highly perishable and susceptible to fungal spoilage. Consumer concerns regarding the health risks of synthetic preservatives have driven the utilization of natural alternatives, such as melinjo (*Gnetum gnemon* L.) leaf extract. Nevertheless, plant extracts often exhibit weaker bioactivity compared to their synthetic counterparts, necessitating bioactivity enhancement through approaches like nanotechnology. This study aimed to determine the physicochemical characteristics of melinjo leaf powder (including water activity/ a_w , moisture content, color, and pH); synthesize melinjo leaf silver nanoparticles (ML-AgNPs); determine the antifungal activity of melinjo leaf extract (MLE) and ML-AgNPs against food spoilage fungi; and evaluate their effects on the microbial population in green chili paste under various concentrations and storage conditions. The research commenced with drying and grinding fresh melinjo leaves into a fine powder, followed by physicochemical characterization. Extraction was performed via maceration using 99.50% ethanol to produce a crude extract. ML-AgNPs were synthesized by reacting 10% MLE with 1 mM AgNO_3 . Subsequently, antifungal activity was determined using the Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) methods, comprising the Well Diffusion Assay (WDA), Minimum Inhibitory Concentration (MIC), and Minimum Fungicidal Concentration (MFC) against *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Rhizopus oligosporus*, and *R. oryzae*. The effects of MLE and ML-AgNPs on the fungal population in green chili paste at different concentrations (0.01%, 0.1%, 1.00%) and storage conditions (room temperature, $25 \pm 2^\circ\text{C}$; cold storage, $4 \pm 2^\circ\text{C}$) were analyzed over 10 days using the Total Fungal Count (TFC) method. The physicochemical analysis of the powder showed an a_w of 0.581 ± 0.003 , moisture content of $7.73 \pm 0.32\%$, color parameters of $L^* 41.40 \pm 0.95$, $a^* -3.39 \pm 0.02$, and $b^* 10.09 \pm 0.61$, and a pH of 5.94 ± 0.01 . The extraction yielded $8.82 \pm 0.00\%$ MLE. The WDA revealed that 1.00% ML-AgNPs produced significantly larger inhibition zones (7.83 to 17.67 mm) compared to 10.00% MLE (6.77 to 8.17 mm) ($p < 0.05$). Both MLE and ML-AgNPs effectively inhibited and eradicated all tested fungi, with MIC values ranging from 0.20 to 12.50 mg/mL and 0.31 to 5.00 mg/mL, respectively, demonstrating the enhanced in vitro antifungal potential of ML-AgNPs. In the food application model, MLE*

efficacy fluctuated heavily depending on temperature (1.00% optimal at room temperature; 0.10% optimal in cold storage). The 0.01% ML-AgNPs completely eliminated fungi at room temperature (on day 4) by avoiding particle aggregation, whereas the 0.10% formulation acted as the fastest fungicide at cold temperatures (on day 3). In conclusion, ML-AgNPs can be recommended as a natural preservative alternative for green chilli paste.

Keywords: *Antifungal activity, green chilli paste, melinjo (G. gnemon L.), nanotechnology, natural preservative.*

SDG: 3 – Good Health and Well-Being

SDG: 12 – Responsible Consumption and Production



**AKTIVITAS ANTIJAMUR NANOPARTIKEL PERAK HASIL
SINTESIS HIJAU BERBASIS EKSTRAK DAUN MELINJO
(*Gnetum gnemon* L.) DAN PENGARUHNYA TERHADAP
POPULASI MIKROBA PADA PASTA CABAI HIJAU**

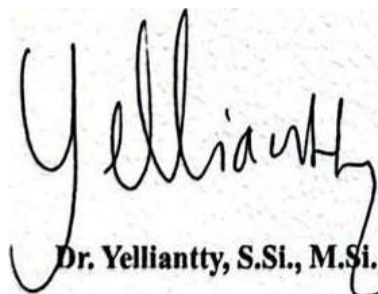
Oleh:
Leonardus Calvin Wicaksana
NPM: 223020018
(Program Studi Teknologi Pangan)

Fakultas Teknik
Universitas Pasundan

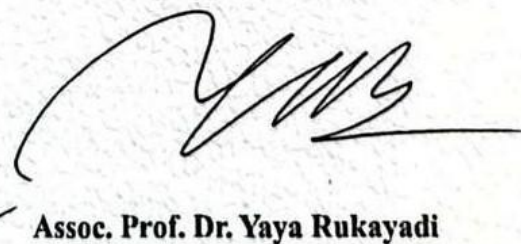


Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Yelliantty, S.Si., M.Si.



Assoc. Prof. Dr. Yaya Rukayadi

**AKTIVITAS ANTIJAMUR NANOPARTIKEL PERAK HASIL
SINTESIS HIJAU BERBASIS EKSTRAK DAUN MELINJO
(*Gnetum gnemon* L.) DAN PENGARUHNYA TERHADAP
POPULASI MIKROBA PADA PASTA CABAI HIJAU**

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Universitas Pasundan**

Oleh:
Leonardus Calvin Wicaksana
NPM: 223020018
(Program Studi Teknologi Pangan)

Fakultas Teknik
Universitas Pasundan

Menyetujui:

Koordinator Tugas Akhir



Rizal Maulana Ghaffar, S. T., M. T.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR TABEL	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR GAMBAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	Error! Bookmark not defined.
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Kerangka Pemikiran.....	5
1.6 Hipotesis Penelitian	9
1.7 Waktu dan Tempat Penelitian.....	10
Bab II Tinjauan Pustaka	Error! Bookmark not defined.
2.1 Jamur Kontaminan	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 <i>Aspergillus flavus</i>	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 <i>Aspergillus niger</i>	Error! Bookmark not defined.
2.1.3 <i>Rhizopus oligosporus</i>	Error! Bookmark not defined.
2.1.4 <i>Rhizopus oryzae</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2 Melinjo (<i>Gnetum gnemon</i> L.)	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Biologi Melinjo.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Fitokimia Daun Melinjo.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 Bioaktivitas Daun Melinjo	Error! Bookmark not defined.
2.2.4 Fisikokimia Daun Melinjo	Error! Bookmark not defined.
2.3 Karakteristik Cabai Hijau dan Pasta Cabai Hijau	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Cabai Hijau	Error! Bookmark not defined.

2.3.2 Pasta Cabai Hijau.....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Nanoteknologi.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.1 Nanopartikel Perak (AgNPs) ...	Error! Bookmark not defined.
2.4.2 Sintesis Hijau	Error! Bookmark not defined.
2.4.3 Nanopartikel Perak Berbasis Sintesis Hijau Ekstrak Daun Melinjo (<i>Gnetum gnemon</i> L.)..	Error! Bookmark not defined.
2.4.4 Karakterisasi Fisikokimia dan Evaluasi Keamanan Nanopartikel Perak Daun Melinjo (ML-AgNPs)	Error! Bookmark not defined.

Bab III Metodologi Penelitian.....Error! Bookmark not defined.

3.1 Bahan dan Alat.....	Error! Bookmark not defined.
3.1.1 Bahan – Bahan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.1.2 Alat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Metode Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2.1 Rancangan Percobaan.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.2 Respon Pengujian	Error! Bookmark not defined.
3.2.3 Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
3.3 Prosedur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3.1 Analisis Fisikokimia Bubuk Daun Melinjo	Error! Bookmark not defined.
3.3.1.1 Analisis Aktivitas Air...	Error! Bookmark not defined.
3.3.1.2 Analisis Kadar Air	Error! Bookmark not defined.
3.3.1.3 Analisis Warna.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.1.4 Analisis pH	Error! Bookmark not defined.
3.3.2 Ekstraksi Daun Melinjo	Error! Bookmark not defined.
3.3.3 Sintesis Hijau Daun Melinjo Nanopartikel Perak.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.4 Prosedur Well Diffusion Assay (WDA)	Error! Bookmark not defined.
3.3.5 Prosedur <i>Minimum Inhibitory Concentration</i> (MIC).....	Error! Bookmark not defined.
3.3.6 Prosedur <i>Minimum Fungicidal Concentration</i> (MFC)	Error! Bookmark not defined.
3.3.7 Prosedur Aplikasi Nanopartikel Perak Daun Melinjo (<i>Gnetum gnemon</i> L.) Pasta Cabai Hijau.	Error! Bookmark not defined.
3.4 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.

Bab IV Hasil dan Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
4.1 Penelitian Tahap I “ <i>Karakteristik Fisikokimia dan Hasil Ekstrak Daun Melinjo (G. gnemon L.)</i> ”	Error! Bookmark not defined.
4.1.1 Karakteristik Fisikokimia Bubuk Daun Melinjo (<i>G. gnemon L.</i>)	Error! Bookmark not defined.
4.1.1.1 Aktivitas Air Bubuk Daun Melinjo (<i>G. gnemon L.</i>)	Error! Bookmark not defined.
4.1.1.2 Kadar Air Bubuk Daun Melinjo (<i>G. gnemon L.</i>)	Error! Bookmark not defined.
4.1.1.3 Warna bubuk Daun Melinjo (<i>G. gnemon L.</i>).....	Error! Bookmark not defined.
4.1.1.4 pH Bubuk Daun Melinjo (<i>G. gnemon L.</i>)	Error! Bookmark not defined.
4.1.2 Ekstrak Bubuk Daun Melinjo (<i>G. gnemon L.</i>).....	Error! Bookmark not defined.
4.2 Penelitian Tahap II “ <i>Sintesis ML-AgNPs dan Aktivitas Antijamur Ekstrak Daun Melinjo (G. gnemon L.) serta ML-AgNPs</i> ”	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Sintesis ML-AgNPs	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 <i>Well Diffusion Assay</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.3 Penentuan <i>Minimum Inhibitory Concentration</i> (MIC) dan <i>Minimum Fungicidal Concentration</i> (MFC)	Error! Bookmark not defined.
4.3 Penelitian Tahap III “ <i>Aplikasi Ekstrak Daun Melinjo (G. gnemon L.) dan ML-AgNPs terhadap Pasta Cabai Hijau Selama Penyimpanan</i> ”	Error! Bookmark not defined.
4.3.1 Pengaruh Ekstrak Daun Melinjo (<i>G. gnemon L.</i>) terhadap Populasi Mikroba pada Pasta Cabai Hijau Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang ($25,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$)	Error! Bookmark not defined.
4.3.2 Pengaruh Nanopartikel Perak Daun Melinjo (ML-AgNPs) terhadap Populasi Mikroba pada Pasta Cabai Hijau Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang ($25,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$).....	Error! Bookmark not defined.
4.3.3 Pengaruh Ekstrak Daun Melinjo (<i>G. gnemon L.</i>) terhadap Populasi Mikroba pada Pasta Cabai Hijau Selama Penyimpanan pada Suhu Dingin ($4,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$)	Error! Bookmark not defined.

4.3.4 Pengaruh Nanopartikel Perak Daun Melinjo (ML-AgNPs) terhadap Populasi Mikroba pada Pasta Cabai Hijau Selama Penyimpanan pada Suhu Dingin ($4,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$) **Error! Bookmark not defined.**

Bab V Kesimpulan dan Saran.....**Error! Bookmark not defined.**

5.1 Kesimpulan**Error! Bookmark not defined.**

5.2 Saran**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR PUSTAKA **97**

LAMPIRAN.....**Error! Bookmark not defined.**



Bab I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan mengenai: (1.1) Latar Belakang, (1.2) Identifikasi Masalah, (1.3) Maksud dan Tujuan Penelitian, (1.4) Manfaat Penelitian, (1.5) Kerangka Pemikiran, (1.6) Hipotesis Penelitian, (1.7) Tempat dan Waktu Penelitian.

1.1 Latar Belakang

Keamanan pangan terus menjadi perhatian global, khususnya dalam mengatasi kerusakan dan kontaminasi mikroba pada produk pangan segar seperti buah dan sayuran. Jamur kontaminan seperti *Aspergillus* sering kali menyebabkan pembusukan pangan, penurunan mutu, serta berpotensi menghasilkan mikotoksin berbahaya yang mengancam kesehatan manusia (Lieu et al., 2024; Ramli et al., 2017).

Kontaminasi pangan oleh jamur dan mikotoksin yang dihasilkannya seperti aflatoksin, ochratoksin, dan fumonisin merupakan ancaman serius terhadap keamanan pangan global. Jamur seperti *Aspergillus*. tidak hanya menyebabkan kerusakan mutu pangan, tetapi mikotoksinya juga berpotensi menimbulkan efek toksik seperti kanker hati, gangguan imun, dan efek reproduksi (Lieu et al., 2024). Mikotoksin ini bersifat tahan panas dan sulit dihilangkan bahkan dengan proses pemanasan maupun pengolahan mekanik, sehingga sulit dieliminasi dari produk akhir (Ezeamalu et al., 2023).

Salah satu produk pangan yang sangat rentan terhadap kerusakan adalah pasta cabai hijau segar, yaitu bumbu giling yang terbuat dari cabai hijau segar. Karena kandungan airnya yang sangat tinggi dan nutrisi yang melimpah dari cabai segar, produk ini memiliki umur simpan yang sangat pendek dan menjadi media ideal untuk pertumbuhan mikroba, terutama jamur dan bakteri. Kerusakan pada pasta cabai hijau ditandai dengan perubahan kualitas seperti warna (pencoklatan), keasaman, dan aroma, serta pertumbuhan mikroba di permukaan. Bahan baku cabai

segar juga berisiko membawa kontaminan dari lahan pertanian, termasuk jamur penghasil aflatoksin seperti *A. flavus* (Aishwarya et al., 2022).

Sumber utama kontaminasi berasal dari bahan baku utamanya, yaitu cabai yang sangat rentan terhadap pertumbuhan jamur selama proses pra dan pascapanen. Penelitian menunjukkan bahwa cabai memiliki insiden kontaminasi *A. flavus* yang tinggi (32,3%) (Jeswal & Kumar, 2013). *A. flavus* merupakan jamur yang berpotensi memproduksi aflatoksin, sehingga kontaminasi pada pasta cabai hijau tidak hanya menjadi masalah pembusukan tetapi juga ancaman keamanan pangan yang signifikan (Jeswal & Kumar, 2013). Untuk mengatasi hal ini, produsen sering bergantung pada pengawet sintetis seperti asam benzoat, bahkan dalam konsentrasi yang jauh melebihi batas legal 1.000 mg/kg, hingga mencapai 5.435 mg/kg (Zaini et al., 2010).

Penggunaan pengawet sintetis yang umum diterapkan untuk memperpanjang masa simpan produk pangan sering kali menimbulkan kekhawatiran akan efek toksik jangka panjang terhadap kesehatan konsumen. Oleh karena itu, riset terus berkembang ke arah pengembangan pengawet alami berbasis nanoteknologi, yang lebih aman dan ramah lingkungan (Khan et al., 2023). Kondisi ini mendorong kebutuhan mendesak akan inovasi pengawet alami yang efektif dan aman bagi konsumen.

Nanoteknologi adalah cabang ilmu yang berfokus pada rekayasa material dalam skala nanometer (1-100 nm), yang menghasilkan sifat fisikokimia unik, termasuk luas permukaan tinggi dan reaktivitas yang lebih besar dibandingkan material dalam ukuran makro (Vanlalveni et al., 2021). Dalam konteks pangan, nanoteknologi berperan penting dalam pengembangan sistem pengawetan inovatif yang tidak hanya efektif dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme, tetapi juga aman bagi konsumen dan lingkungan. Sebagai alternatif pengendalian jamur dan mikotoksin, teknologi nanoteknologi, terutama pemanfaatan nanopartikel perak (AgNPs) sintetis menggunakan metode hijau (*green synthesis*), semakin

menarik perhatian. AgNPs diketahui memiliki spektrum aktivitas antimikroba luas, termasuk antijamur, terutama pada konsentrasi rendah (Khan et al., 2021).

Melinjo (*G. gnemon* L.) adalah tanaman asli Indonesia yang telah lama dikenal dalam dunia kuliner maupun pengobatan tradisional. Bagian yang umum dimanfaatkan meliputi biji, daun, dan kulit buahnya. Daun melinjo mengandung beragam senyawa fitokimia, seperti flavonoid, tanin, dan stilbenoid, yang telah terbukti memiliki aktivitas antimikroba, termasuk antijamur dan antibakteri (Handayani et al., 2021). Namun, untuk aplikasi sebagai pengawet pangan, ekstrak tumbuhan murni seringkali memiliki keterbatasan berupa potensi yang cenderung biasa saja dan memerlukan konsentrasi yang sangat tinggi untuk mencapai efek yang diinginkan. Keterbatasan inilah yang dapat diatasi dengan teknologi nanopartikel perak. AgNPs tidak hanya memiliki aktivitas antijamur yang kuat, tetapi juga terbukti mampu bekerja secara sinergis untuk meningkatkan efektivitas senyawa lain (Handayani et al., 2021).

Seiring dengan berkembangnya pendekatan sintesis hijau dalam nanoteknologi, ekstrak daun melinjo menjadi salah satu bahan nabati yang menjanjikan sebagai agen pereduksi dan penstabil alami dalam pembuatan nanopartikel perak (AgNPs). Berdasarkan studi-studi sebelumnya, nanopartikel perak hasil sintesis hijau menggunakan ekstrak tumbuhan menunjukkan efektivitas dalam menghambat pertumbuhan jamur kontaminan pangan seperti *A. flavus*, dan *A. niger* (Ezeamalu et al., 2023; Khan et al., 2021). Meskipun potensi ekstrak daun melinjo sebagai antibakteri telah dilaporkan (Handayani et al., 2021). Pemanfaatannya dalam sintesis AgNPs untuk mengatasi kontaminasi jamur pada produk pangan seperti pasta cabai hijau masih belum dieksplorasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan mengembangkan nanopartikel perak berbasis ekstrak daun melinjo sebagai pengawet antijamur alami yang aman dan efektif untuk memperpanjang umur simpan pasta cabai hijau.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka identifikasi masalah yang didapat yaitu:

1. Bagaimana karakteristik fisikokimia bubuk daun melinjo dan berapakah rendemen ekstrak yang dihasilkan melalui metode maserasi?
2. Bagaimana perbandingan aktivitas antijamur antara ekstrak daun melinjo dengan nanopartikel perak berbasis daun melinjo (ML-AgNPs) terhadap *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Rhizopus oligosporus*, dan *R. oryzae*?
3. Seberapa efektif aplikasi ekstrak daun melinjo dan ML-AgNPs dalam menekan populasi jamur pencemar pada pasta cabai hijau selama penyimpanan pada suhu ruang dan suhu dingin?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan nanopartikel perak (AgNPs) hasil sintesis hijau menggunakan ekstrak daun melinjo (*G. gnemon* L.) sebagai agen antijamur alami yang aman dan efektif untuk memperpanjang masa simpan produk pasta cabai hijau.

Secara spesifik, tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis karakteristik fisikokimia bubuk daun melinjo dan menentukan rendemen ekstrak daun melinjo yang dihasilkan.
2. Mensintesis nanopartikel perak (ML-AgNPs) berbasis ekstrak daun melinjo dan membandingkan aktivitas antijamurnya dengan ekstrak daun melinjo terhadap *A. flavus*, *A. niger*, *R. oligosporus*, dan *R. oryzae*.
3. Mengevaluasi pengaruh dari berbagai konsentrasi ekstrak dan ML-AgNPs terhadap populasi jamur pencemar selama penyimpanan pada suhu yang berbeda.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai aktivitas antijamur dari ML-AgNPs serta potensinya dalam menghambat jamur kontaminan
2. Menyediakan alternatif pengawet alami bagi masyarakat dan industri pangan untuk mengurangi ketergantungan pengawet sintetis, sehingga dapat meningkatkan keamanan pangan dengan mencegah kontaminasi jamur dan mikotoksin berbahaya pada produk segar.
3. Mendukung teknologi yang ramah lingkungan sekaligus berpotensi meningkatkan nilai ekonomi tanaman melinjo sebagai sumber daya hayati lokal.
4. Mengisi celah riset yang sebelumnya lebih fokus pada aktivitas antibakteri, sedangkan penelitian ini menjadi yang pertama memanfaatkan ML-AgNPs sebagai pengawet pangan yang bersifat antijamur.

1.5 Kerangka Pemikiran

Keamanan pangan merupakan tantangan global yang signifikan, terutama terkait kerusakan akibat kontaminasi mikroba. Kontaminasi oleh jamur dari genus *Aspergillus* dan *Rhizopus* sering kali menjadi penyebab utama pembusukan pangan, yang tidak hanya menurunkan mutu produk tetapi juga berpotensi menghasilkan mikotoksin berbahaya seperti aflatoksin. Kontaminasi mikotoksin ini menjadi ancaman serius karena dapat menimbulkan efek toksik seperti kanker hati dan gangguan sistem imun (Lieu et al., 2024) Selain itu, mikotoksin bersifat tahan terhadap panas dan proses pengolahan mekanik, sehingga sulit dihilangkan dari produk pangan akhir (Ezeamalu et al., 2023).

Salah satu produk pangan yang sangat rentan terhadap kerusakan adalah pasta cabai hijau segar, yaitu bumbu giling yang terbuat dari cabai hijau segar (*Capsicum annum* L.). Karena kandungan airnya yang sangat tinggi dan nutrisi

yang melimpah dari cabai segar, produk ini memiliki umur simpan yang sangat pendek dan menjadi media ideal untuk pertumbuhan mikroba, terutama jamur dan bakteri. Kerusakan pada pasta cabai hijau ditandai dengan perubahan kualitas fisikokimia dan sensorik. Salah satu indikator kerusakan yang paling jelas adalah perubahan warna dari hijau cerah menjadi kecoklatan, yang disebabkan oleh degradasi pigmen klorofil akibat paparan oksigen atau aktivitas enzimatik. Secara alami, pasta cabai hijau memiliki pH yang cenderung asam, namun nilai pH ini akan terus menurun selama penyimpanan akibat aktivitas mikroba yang menghasilkan asam. Selain itu, produk ini juga mengandung senyawa bioaktif penting seperti capsaicin yang memberikan rasa pedas dan total klorofil yang menjadi penentu utama kualitas warna hijau. Bahan baku cabai segar juga berisiko membawa kontaminan dari lahan pertanian, termasuk jamur penghasil aflatoxin seperti *A. flavus*. Kombinasi antara kandungan air yang tinggi, pH yang mendukung, dan paparan kontaminan inilah yang membuat pasta cabai hijau segar memerlukan metode pengawetan yang efektif untuk menjaga kualitas dan keamanannya (Aishwarya et al., 2022).

Kontaminasi ini sebagian besar berasal dari bahan baku utamanya, yaitu cabai, yang terbukti rentan terhadap pertumbuhan jamur dan memiliki insiden kontaminasi *A. flavus* yang tinggi (32,3%) (Jeswal & Kumar, 2013). Kehadiran *A. flavus* sangat mengkhawatirkan karena kemampuannya memproduksi aflatoxin, yang menjadikan kontaminasi pada pasta cabai hijau bukan hanya masalah pembusukan tetapi juga ancaman keamanan pangan yang signifikan (Jeswal & Kumar, 2013). Kontaminasi oleh jamur seperti *Aspergillus* dan *Rhizopus* tidak hanya mempercepat kerusakan produk pangan seperti pasta cabai hijau, tetapi juga menimbulkan risiko mikotoksikologis yang serius. Situasi ini menuntut adanya pendekatan baru yang tidak hanya efektif secara biologis, tetapi juga aman secara toksikologis dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan agen antijamur yang mampu bekerja efektif terhadap strain ini.

Tingginya ketergantungan pada pengawet sintetis seperti asam benzoat, serta penggunaannya yang sering kali melebihi batas aman menimbulkan kekhawatiran akan efek toksik jangka panjangnya sehingga mendorong riset untuk mengembangkan pengawet alami yang lebih aman dan ramah lingkungan (Khan et al., 2023).

Sebagai respons terhadap tantangan tersebut, nanoteknologi menawarkan solusi inovatif melalui rekayasa material dalam skala nanometer (1-100 nm) yang menghasilkan sifat fisikokimia unik, seperti luas permukaan yang tinggi dan reaktivitas yang lebih besar (Vanlalveni et al., 2021). Di antara berbagai material nano, nanopartikel perak (AgNPs) telah menarik perhatian besar karena memiliki spektrum aktivitas antimikroba yang luas, termasuk sebagai agen antijamur yang efektif pada konsentrasi rendah (Khan et al., 2021). Untuk memastikan proses yang aman dan berkelanjutan, metode sintesis hijau (*green synthesis*) menjadi pendekatan yang diutamakan, di mana ekstrak tumbuhan dimanfaatkan sebagai agen pereduksi dan penstabil alami, menggantikan bahan kimia berbahaya (Vanlalveni et al., 2021).

Dalam konteks ini, daun melinjo (*G. gnemon* L.), tanaman asli Indonesia, memiliki potensi besar karena mengandung beragam senyawa fitokimia seperti flavonoid dan tanin yang telah terbukti memiliki aktivitas antimikroba, termasuk antijamur dan antibakteri (Handayani et al., 2021). Ekstrak daun melinjo memiliki potensi antimikroba alami, namun efektivitasnya dalam bentuk murni relatif terbatas. Sebelum dimanfaatkan, simplisia daun melinjo perlu dikarakterisasi sifat fisikokimianya dan diekstraksi menggunakan pelarut yang tepat, seperti etanol, untuk menarik senyawa metabolit sekunder secara optimal. Ekstrak daun melinjo ini kemudian berperan ganda: sebagai agen antijamur alami dan sebagai bioreduktor dalam sintesis AgNPs (ML-AgNPs). Pendekatan berbasis nanoteknologi seperti sintesis AgNPs dapat memperkuat aktivitas antijamur dan memperluas aplikasinya dalam industri pangan.

Dibandingkan dengan nanopartikel logam lain seperti ZnO, CuO, atau TiO₂, nanopartikel perak (AgNPs) menunjukkan sejumlah keunggulan yang menjadikannya lebih potensial sebagai agen antimikroba alami, khususnya dalam pengawetan pangan. AgNPs memiliki spektrum antimikroba yang lebih luas. Selain itu, AgNPs mampu bekerja efektif pada konsentrasi yang lebih rendah, sehingga penggunaannya lebih efisien dan minim risiko terhadap kualitas sensoris produk pangan. AgNPs juga menunjukkan stabilitas yang baik dalam berbagai kondisi lingkungan seperti pH, suhu, maupun paparan cahaya, menjadikannya cocok diaplikasikan pada produk pangan semi-basah seperti pasta cabai hijau. Dengan mempertimbangkan keunggulan-keunggulan tersebut, AgNPs yang disintesis secara hijau menggunakan bahan alami seperti ekstrak daun melinjo (ML-AgNPs) berpotensi besar sebagai alternatif pengawet alami yang lebih aman, efektif, dan berkelanjutan (Khan et al., 2020; Kraśniewska et al., 2020; Simbine et al., 2019)

Studi sebelumnya telah mengonfirmasi bahwa AgNPs hasil sintesis hijau dari berbagai ekstrak tumbuhan efektif menghambat jamur kontaminan pangan seperti *A. flavus* dan *A. niger* (Ezeamalu et al., 2023; Khan et al., 2021). Meskipun potensi ekstrak daun melinjo sebagai agen antibakteri telah dilaporkan (Handayani et al., 2021), pemanfaatannya dalam sintesis AgNPs yang secara spesifik ditujukan untuk mengatasi kontaminasi jamur pada produk pangan seperti pasta cabai hijau masih belum dieksplorasi. Oleh karena itu, penelitian ini didasarkan pada hipotesis bahwa ekstrak daun melinjo dapat digunakan untuk mensintesis AgNPs yang stabil dan memiliki aktivitas antijamur yang efektif. Melalui pendekatan sintesis hijau, senyawa dalam ekstrak daun melinjo dapat mereduksi ion Ag⁺ menjadi Ag⁰, menghasilkan nanopartikel perak (AgNPs) yang stabil dan aman digunakan sebagai bahan pengawet.

AgNPs memiliki mekanisme antijamur multifaset, terutama melalui pelepasan ion Ag⁺ yang merusak struktur sel mikroba secara spesifik. Ion Ag⁺ dapat berikatan dengan protein dan enzim membran sel jamur, menyebabkan gangguan permeabilitas dan kematian sel. Kombinasi ini diperkirakan memberi efek sinergis

saat dipadukan dengan senyawa fitokimia melinjo. Diharapkan AgNPs yang dihasilkan (ML-AgNPs) mampu menghambat pertumbuhan jamur kontaminan pangan seperti *A. flavus*, *A. niger*, dan *R. oligosporus* secara signifikan. Lebih lanjut, aplikasi ML-AgNPs pada produk pasta cabai hijau diperkirakan dapat menekan populasi mikroba total dan memperpanjang masa simpan produk. Keberhasilan penelitian ini akan menyediakan alternatif pengawet alami yang aman dan efektif, sekaligus meningkatkan nilai ekonomi tanaman melinjo sebagai sumber daya hayati lokal. (Fahdi et al., 2020; Handayani et al., 2021; Khan et al., 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas ML-AgNPs terhadap tiga strain jamur kontaminan, yaitu *A. flavus*, *A. niger*, dan *R. oligosporus*, serta mengevaluasi aplikasinya pada produk pasta cabai hijau. Metode pengujian dilakukan secara *in vitro* menggunakan *well diffusion assay*, MIC, dan MFC, serta uji aplikasi langsung pada produk pangan. Diharapkan, hasil penelitian ini dapat memberikan alternatif pengawet alami yang efektif, sekaligus mendorong pemanfaatan tanaman lokal Indonesia dalam industri pangan berkelanjutan.

1.6 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah diuraikan, maka:

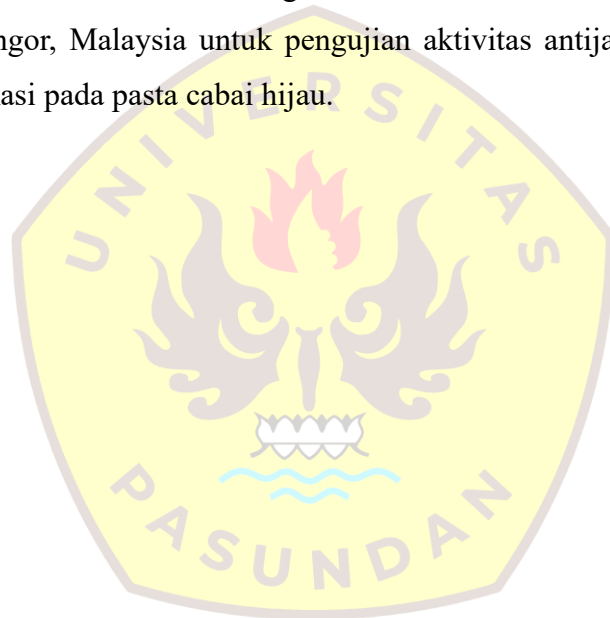
1. Diduga bubuk daun melinjo dapat dikarakterisasi dan ekstrak daun melinjo dapat diperoleh melalui metode maserasi menggunakan etanol absolut.
2. Diduga ML-AgNPs dapat disintesis dan memiliki aktivitas antijamur yang efektif terhadap *A. flavus*, *A. niger*, *R. oligosporus*, dan *R. oryzae*.
3. Diduga bahwa ekstrak daun melinjo dan ML-AgNPs dapat mereduksi populasi jamur pada pasta cabai hijau.

1.7 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dimulai dari 12 Agustus 2025 hingga 9 September 2025.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fakultas Ilmu dan Teknologi Pangan, Universiti Putra Malaysia, Selangor, Malaysia dengan rincian:

1. Laboratorium Pemrosesan Makanan Universiti Putra Malaysia, Selangor, Malaysia untuk proses pembuatan bubuk dan karakterisasinya diantara lain aktivitas air, kadar air, warna, pH.
2. Laboratorium Kimia Makanan, Universiti Putra Malaysia, Selangor, Malaysia untuk proses ekstraksi.
3. Laboratorium Mikrobiologi Makanan Universiti Putra Malaysia, Selangor, Malaysia untuk pengujian aktivitas antijamur dan evaluasi aplikasi pada pasta cabai hijau.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B. L., & Ikram, S. (2016). A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: A green expertise. *Journal of Advanced Research*, 7(1), 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2015.02.007>
- Aishwarya, N., Rajasekhar, M., Shankarswamy, J., & Nirosha, K. (2022a). Preparation and physio-chemical properties of green chilli (*Capsicum annuum* L.) paste using natural preservatives. ~ 5175 ~ *The Pharma Innovation Journal*, 11(12), 5175–5182. www.thepharmajournal.com
- Al-Khikani, F. H. O. (2020). Amphotericin B, the Wonder of Today's Pharmacology Science: Persisting Usage for More Than Seven Decades. *Pharmaceutical and Biomedical Research*. <https://doi.org/10.18502/pbr.v6i3.4643>
- Alsubki, R., Tabassum, H., Abudawood, M., Rabaan, A. A., Alsobaie, S. F., & Ansar, S. (2021). Green synthesis, characterization, enhanced functionality and biological evaluation of silver nanoparticles based on Coriander sativum. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(4), 2102–2108. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.12.055>
- Astuti, S. D., Puspita, P. S., Putra, A. P., Zaidan, A. H., Fahmi, M. Z., Syahrom, A., & Suhariningsih. (2019). The antifungal agent of silver nanoparticles activated by diode laser as light source to reduce *C. albicans* biofilms: an in vitro study. *Lasers in Medical Science*, 34(5), 929–937. <https://doi.org/10.1007/s10103-018-2677-4>
- Baldelli, A., & Aguilera, J. M. (2025). Size reduction and particle size influence the quantification of phenolic-type compounds and antioxidant activity in plant food matrices. *Trends in Food Science & Technology*, 162, 105081. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105081>
- Benabda, O., M'Hir, S., Kasmi, M., Mnif, W., & Hamdi, M. (2019). Optimization of Protease and Amylase Production by *Rhizopus oryzae* Cultivated on Bread

- Waste Using Solid-State Fermentation. *Journal of Chemistry*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/3738181>
- Bubonja-Šonje, M., Knezević, S., & Abram, M. (2020). Challenges to antimicrobial susceptibility testing of plant-derived polyphenolic compounds. In *Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju* (Vol. 71, Number 4, pp. 300–311). Sciendo. <https://doi.org/10.2478/aiht-2020-71-3396>
- CABI. (2019). *Capsicum annum* (bell pepper). In *CABI Compendium*. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.15784>
- Cao, D., Lou, Y., Jiang, X., Zhang, D., & Liu, J. (2022). Fungal Diversity in Barley Under Different Storage Conditions. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.895975>
- Chaves, J. O., de Souza, M. C., da Silva, L. C., Lachos-Perez, D., Torres-Mayanga, P. C., Machado, A. P. da F., Forster-Carneiro, T., Vázquez-Espinosa, M., González-de-Peredo, A. V., Barbero, G. F., & Rostagno, M. A. (2020). Extraction of Flavonoids From Natural Sources Using Modern Techniques. *Frontiers in Chemistry*, 8. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.507887>
- Ezeamalu, S. A., Aleke, P. C., & Uzor, P. F. (2023). Antimicrobial Evaluation and Characterization of Green Synthesized Silver Nanoparticles Using *Annona muricata* L. Leaf Extract. In *South Asian Research Journal of Natural Products* (Vol. 6, Number 2). <https://www.sdiarticle5.com/review-history/99276>
- Fahdi, F., Margata, L., Ariska, S., Gultom, D., Meliala, L., Farmasi, F., Kesehatan, I., Husada, D., & Tua, D. (2020). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Melinjo (*Gnetum gnemon* L.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Streptococcus mutans*. In *Jurnal Penelitian Farmasi & Herbal* (Vol. 3). <http://ejournal.delihusada.ac.id/index.php/JPFH>
- Fauziah, Q. N., & Susanti, S. (2022). Morphological Structure and Fertility of Melinjo (*Gnetum gnemon* L.) Pollen based on Microscopic Data. *Berkala Ilmiah Biologi*, 13(2), 1–12. <https://doi.org/10.22146/bib.v13i2.4380>
- Free, S. J. (2013). *Fungal Cell Wall Organization and Biosynthesis* (pp. 33–82). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407677-8.00002-6>

- Gruenfeldova, J., Domijan, K., & Walsh, C. (2019). A study of food safety knowledge, practice and training among food handlers in Ireland. *Food Control*, *105*, 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.05.023>
- Gryganskyi, A. P., Golan, J., Dolatabadi, S., Mondo, S., Robb, S., Idnurm, A., Muszewska, A., Steczkiewicz, K., Masonjones, S., Liao, H. L., Gajdeczka, M. T., Anike, F., Vuek, A., Anishchenko, I. M., Voigt, K., de Hoog, G. S., Smith, M. E., Heitman, J., Vilgalys, R., & Stajich, J. E. (2018). Phylogenetic and phylogenomic definition of *Rhizopus* species. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, *8*(6), 2007–2018. <https://doi.org/10.1534/g3.118.200235>
- Handayani, S., Arty, I. S., Budimarwanti, C., Theresih, K., Yulianti, E., & Khairuddean, M. (2021). Preparation and antimicrobial activity analysis of organic soap bar containing gnetum gnemon peel extract. *Molekul*, *16*(3), 224–232. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2021.16.3.800>
- Harley, B. K., Neglo, D., Aggrey, M. O., Quagraine, A. M., Orman, E., Jato, J., Mireku-Gyimah, N. A., Amengor, C. D. K., & Fleischer, T. C. (2022). Antifungal Activities of Phytochemically Characterized Hydroethanolic Extracts of *Sclerocarya birrea* Leaves and Stem Bark against Fluconazole-Resistant *Candida albicans* Strains. *BioMed Research International*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/4261741>
- Hoog, G. S., Guarro, J., Gene, J., & Figueras, M. J. (2001). *Atlas of Clinical Fungi* (Vol. 3).
- Houbraken, J., Due, M., Varga, J., Meijer, M., Frisvad, J. C., & Samson, R. A. (2007). Polyphasic taxonomy of *Aspergillus* section *Usti*. *Studies in Mycology*, *59*, 107–128. <https://doi.org/10.3114/sim.2007.59.12>
- Ibe, I. J., Zailani, H. A., Dahiru, M. M., & Gali, I. A. (2024). Characterization and Antioxidant Potential of *Acacia nilotica* Synthesized Callus and Seed Nanoparticles. *Majalah Obat Tradisional*, *29*(3), 327. <https://doi.org/10.22146/mot.94215>
- Jamdagni, P., Rana, J. S., & Khatri, P. (2018). Comparative study of antifungal effect of green and chemically synthesised silver nanoparticles in combination

- with carbendazim, mancozeb, and thiram. *IET Nanobiotechnology*, 12(8), 1102–1107. <https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2018.5087>
- Jeswal, P., & Kumar, D. (2013). Mycoflora and mycotoxins contamination in spices cultivated in Bihar (India). In *Agricultural Science, Engineering and Technology Research* (Vol. 1, Number 5). Online. <http://asetr.org/70>
- Khan, M. J., Jovicic, V., Zbogar-Rasic, A., Zettel, V., Delgado, A., & Hitzmann, B. (2023). Influence of Non-Thermal Plasma Treatment on Structural Network Attributes of Wheat Flour and Respective Dough. *Foods*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/foods12102056>
- Khan, M., Khan, A. U., Bogdanchikova, N., & Garibo, D. (2021). Antibacterial and antifungal studies of biosynthesized silver nanoparticles against plant parasitic nematode *Meloidogyne incognita*, plant pathogens *Ralstonia solanacearum* and *Fusarium oxysporum*. *Molecules*, 26(9). <https://doi.org/10.3390/molecules26092462>
- Khan, S. A., Shahid, S., & Lee, C. S. (2020). Green synthesis of gold and silver nanoparticles using leaf extract of *Clerodendrum inerme*; characterization, antimicrobial, and antioxidant activities. *Biomolecules*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/biom10060835>
- Khan, S., Rukayadi, Y., Jaafar, A. H., & Ahmad, N. H. (2023). Antibacterial potential of silver nanoparticles (SP-AgNPs) synthesized from *Syzygium polyanthum* (Wight) Walp. against selected foodborne pathogens. *Heliyon*, 9(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22771>
- Kim, M., & Seo, J. A. (2021). Fermentation profiling of rice wine produced by *Aspergillus oryzae* KSS2 and *Rhizopus oryzae* KJJ39 newly isolated from Korean fermentation starter. *Applied Biological Chemistry*, 64(1). <https://doi.org/10.1186/s13765-020-00582-2>
- Klich, M. A. (2007). *Aspergillus flavus*: The major producer of aflatoxin. In *Molecular Plant Pathology* (Vol. 8, Number 6, pp. 713–722). <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2007.00436.x>
- Kovac, B., & Raspor, P. (1997). Tinjauan Pustaka Kovac *Rhizopus*. *Food Technology*, 35, 69–73.

- Kraśniewska, K., Galus, S., & Gniewosz, M. (2020). Biopolymers-based materials containing silver nanoparticles as active packaging for food applications—A review. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 21, Number 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijms21030698>
- Kurniawati, T., & Indrati, R. (2014). ISOLATION OF *Rhizopus oryzae* FROM ROTTEN FRUIT AND ITS POTENCY FOR LACTIC ACID PRODUCTION IN GLUCOSE MEDIUM WITH AND WITHOUT ADDITION OF CALCIUM CARBONATE. In *AGRITECH* (Vol. 34, Number 2).
- León, J. J., López Elías, J., Huez López, M. A., García López, A. M., Soto Ortiz, R., & Escoboza García, L. F. (2013). *Postharvest quality and shelf life of green pepper (Capsicum annuum L.) grown under open-field and greenhouse conditions*.
- Li, L., Pan, H., Deng, L., Qian, G., Wang, Z., Li, W., & Zhong, C. (2022). The antifungal activity and mechanism of silver nanoparticles against four pathogens causing kiwifruit post-harvest rot. *Frontiers in Microbiology*, *13*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.988633>
- Lieu, M. D., Dang, T. K. T., & Nguyen, T. H. (2024). Green synthesized silver nanoparticles, a sustainable approach for fruit and vegetable preservation: An overview. In *Food Chemistry: X* (Vol. 23). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101664>
- Macías Sánchez, K. L., González Martínez, H. D. R., Carrera Cerritos, R., & Martínez Espinosa, J. C. (2023). In Vitro Evaluation of the Antifungal Effect of AgNPs on *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Nanomaterials*, *13*(7). <https://doi.org/10.3390/nano13071274>
- Maria Ulfa, A. S., Emelda, E., Munir, M. A., & Sulistyani, N. (2023). PENGARUH METODE EKSTRAKSI MASERASI DAN SOKLETASI TERHADAP STANDARDISASI PARAMETER SPESIFIK DAN NON SPESIFIK EKSTRAK ETANOL BIJI PEPAYA (*Carica papaya* L.). *Jurnal Insan Farmasi Indonesia*, *6*(1), 1–12. <https://doi.org/10.36387/jifi.v6i1.1387>
- Nurholipah, N., & Qurrota Ayun Prodi Biologi, dan. (2021). *ISOLASI DAN IDENTIFIKASI Rhizopus oligosporus DAN Rhizopus oryzae PADA TEMPE*

ASAL BEKASI Isolation and Identification of Rhizopus oligosporus and Rhizopus oryzae In Tempeh from Bekasi. 15(1).

Prajnaparamita, K., & Susanti, S. (2021). KARAKTER MORFOLOGIS DAN PERKEMBANGAN ANATOMIS BIJI MELINJO (*Gnetum gnemon* L.). *Jurnal Biogenesis, 17(2)*, 2021.

Puspitasari, R., Rahmat, D., & Djamil, R. (2023). *Nanopartikel ekstrak etil asetat daun melinjo (gnetum gnemon l.) dengan aktivitas antioksidan dan antibakteri terhadap propionibacterium acnes. 14(1).*

Rahmiyani, I., Aprianti, R., Rahayuningsih, N., Tunas, S. B., & Tasikmalaya, H. (2015). *ANTIOXYDANT ACTIVITY OF LEAVES EXTRACTS FROM Gnetum gnemon Linn USING DPPH.*

Ramadhan, R. S. (2024). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Melinjo (*Gnetum gnemon* L.) Terhadap Patogen Bawaan Makanan Dan Pengaruhnya Bagi Populasi Mikroba Pada Ayam Mentah. *Tugas Akhir, Universitas Pasundan.*

Ramli, S., Radu, S., Shaari, K., & Rukayadi, Y. (2017). Antibacterial activity of ethanolic extract of *syzygium polyanthum* L. (Salam) leaves against foodborne pathogens and application as food sanitizer. *BioMed Research International, 2017*. <https://doi.org/10.1155/2017/9024246>

Rispita, D. (2018). AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK N-HEKSAN, ETILASETAT DAN ETANOL DARI DAUN AFRIKA (*Vernonia amygdalina* Del.) SECARA IN VITRO. *Farmasi.*

Rosyidah, D., Prayitno, S. A., & Rahma, A. (2023). Uji Hedonik Kualitas Minuman Teh Fungsional dari Proporsi Daun Mint dan Daun Melinjo serta Lemon Kering. *Journal of Food Safety and Processing Technology (JFSPT), 1(2)*, 73. <https://doi.org/10.30587/jfspt.v1i2.7449>

Rosyidah, D., Prayitno, S. A., & Rahma, A. (2024). Kualitas Sensorik Dan Kimia Minuman Fungsional Berbasis Daun Melinjo Dengan Penambahan Daun Mint Dan Lemon. *Teknologi Pangan, 2.*

Safika. (2008). Correlation of *Aspergillus flavus* with the Concentration of Aflatoxin B1 in Ikan Kayu Safika. In *J. Ked. Hewan* (Vol. 2, Number 2).

- Saidi, N. A. B. (2026). Enhancing Antibacterial Activity of Green Synthesis of Melinjo (*Gnetum gnemon* L.) Leaf Extract-Mediated Silver Nanoparticles (ML-AgNPs) Against Foodborne Pathogens and Their Safety. *Master's Thesis, Universiti Putra Malaysia*.
- Saleh, B. K., Omer, A., & Teweldemedhin, B. (2018). Medicinal uses and health benefits of chili pepper (*Capsicum* spp.): a review. *MOJ Food Processing & Technology*, 6(4). <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2018.06.00183>
- Simbine, E. O., Rodrigues, L. da C., Lapa-Guimarães, J., Kamimura, E. S., Corassin, C. H., & de OLIVEIRA, C. A. F. (2019). Application of silver nanoparticles in food packages: A review. In *Food Science and Technology (Brazil)* (Vol. 39, Number 4, pp. 793–802). Sociedade Brasileira de Ciencia e Tecnologia de Alimentos, SBCTA. <https://doi.org/10.1590/fst.36318>
- Srinivas, K., King, J. W., Howard, L. R., & Monrad, J. K. (2010). Solubility of Gallic Acid, Catechin, and Protocatechuic Acid in Subcritical Water from (298.75 to 415.85) K. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 55(9), 3101–3108. <https://doi.org/10.1021/je901097n>
- Stephanie, C. (2019). KEMAMPUAN ISOLAT JAMUR *Aspergillus niger* SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI DALAM DEKOLORISASI SENYAWA PEWARNA REACTIVE RED DAN DIRECT TURKISH BLUE. In *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya* (Vol. 8, Number 1).
- Syamaladevi, R. M., Tang, J., Rojas, R. V., Sablani, S., Carter, Br., & Campbell, G. (2018). Influence of Water Activity on Thermal Resistance of Microorganisms in Low-Moisture Foods: A Review. *Biology Systems Engineering*.
- Tournas, V., Stack, M. E., Mislivec, P. B., Koch, H. A., & Bandler, R. (2001). *Bacteriological Analytical Manual Chapter 18: Yeasts, Molds, and Mycotoxins*. www.fda.gov
- Trisha, M. R., Deavyndra Gunawan, V., Wong, J. X., Pak Dek, M. S., & Rukayadi, Y. (2024). Antibacterial effect of ethanolic *Gnetum gnemon* L. leaf extract on food-borne pathogens and its application as a natural preservative on raw quail eggs. *Heliyon*, 10(16). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35691>

- Trisha, M. R., Dek, Mohd. S. P., & Rukayadi, Y. (2025). Phytochemical analysis, antioxidant and toxicity evaluation of ethanolic *Gnetum gnemon* L. leaf extracts- A potential natural food additive. *Brazilian Journal of Food Technology*, 28. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.06124>
- Vanlalveni, C., Lallianrawna, S., Biswas, A., Selvaraj, M., Changmai, B., & Rokhum, S. L. (2021). Green synthesis of silver nanoparticles using plant extracts and their antimicrobial activities: a review of recent literature. In *RSC Advances* (Vol. 11, Number 5, pp. 2804–2837). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d0ra09941d>
- Wink, M. (2015). Modes of Action of Herbal Medicines and Plant Secondary Metabolites. *Medicines*, 2(3), 251–286. <https://doi.org/10.3390/medicines2030251>
- Wulandari, I. O., Pebriatin, B. E., Valiana, V., Hadisaputra, S., Ananto, A. D., & Sabarudin, A. (2022). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Coated by Water Soluble Chitosan and Its Potency as Non-Alcoholic Hand Sanitizer Formulation. *Materials*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/ma15134641>
- Xue, H., Xu, M., Gong, D., & Zhang, G. (2023). Mechanism of flavonoids inhibiting xanthine oxidase and alleviating hyperuricemia from structure–activity relationship and animal experiments: A review. In *Food Frontiers* (Vol. 4, Number 4, pp. 1643–1665). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/fft2.287>
- Zaier, H., Rhouma, A., Hanen, Z., Sevastianos, R., Hamza Mohamed, A., & Ali, R. (2019). Biodiversity and biotechnological potential of filamentous fungi isolated from Tunisian olive mill biotope International Journal of Biosciences | IJB |. *Int. J. Biosci*, 14(5), 1–15. <https://doi.org/10.12692/ijb/14.5.1-15>
- Zaini, N. A. M., Harith, H. H., Olusesan, A. T., Zulkifli, A. H., Bakar, F. A., Osman, A., Hamid, A. A., & Saari, N. (2010). *Level of Chemical and Microbiological Contaminations in Chili Bo (Paste)*. http://meridian.allenpress.com/jfp/article-pdf/73/3/541/1680791/0362-028x-73_3_541.pdf.