

**SINTESIS *EDIBLE FILM* DARI PATI UBI JALAR PUTIH
(*Ipomoea batatas L.*) DENGAN PENAMBAHAN *PLASTICIZER*
GLISEROL DAN TiO_2 SERTA APLIKASINYA PADA WORTEL
(*Daucus carota L.*)**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagai persyaratan
Mencapai derajat sarjana S-1**



Oleh:
Lu'lu' Ramadhani Nurjannah
(22106030016)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2026**

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1765/Un.02/DST/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : Sintetis Edible Film dari Pati Ubi Jalar Putih (*Ipomoea batatas* L) dengan Penambahan Plasticizer Gliserol dan TiO₂ serta Aplikasinya pada Wortel (*Daucus carota* L)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : LULU' RAMADHANI NURJANNAH
Nomor Induk Mahasiswa : 22106030016
Telah diujikan pada : Jumat, 10 Juli 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Endaruji Sedyadi, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6a896ae483d67



Penguji I
Irwan Nugraha, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6a7446d0ac7f3



Penguji II
Khamidinal, S.Si., M.Si
SIGNED

Valid ID: 6a5ef30c51dae



Yogyakarta, 10 Juli 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a79666632e6a

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Lu'lu' Ramadhani Nurjannah

NIM : 22106030016

Judul Skripsi : Sintesis *Edible Film* dari Pati Ubi Jalar Putih (*Ipomoea batatas L.*) dengan Penambahan *Plasticizer* Gliserol dan TiO_2 serta Aplikasinya pada Wortel (*Daucus carota L.*)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 24 Juni 2026

Pembimbing

Endang Sedjadi, S.Si., M.Sc

NIP: 19820205 201503 1 003

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Lu'lu' Ramadhani Nurjannah
NIM : 22106030016
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Sintetis *Edible Film* dari Pati Ubi Jalar Putih (*Ipomoea batatas L.*) dengan Penambahan Plasticizer Gliserol dan TiO_2 serta Aplikasinya pada Wortel (*Daucus carota L.*)**" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 6 Juli 2026



Lu'lu' Ramadhani Nurjannah

Lu'lu' Ramadhani Nurjannah
NIM. 22106030016

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

“Jika bukan karena Allah yang memampukan,
aku mungkin sudah lama menyerah”
(Q.S. Al-Insyirah: 6-7)

“Bertahanlah sedikit lebih lama, seringkali Allah menyiapkan keajaiban tepat
diambang putus asa”
(Q.S. Al-Kahfi: 39)

“Long Story Short, I Survived.”
(Taylor Swift)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini penulis persembahkan
untuk almamater Program Studi Kimia
UIN Sunan Kalijaga



KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin. Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Sintesis *Edible Film* Dari Pati Ubi Jalar Putih (*Ipomoea batatas L.*) dengan Penambahan *Plasticizer* Gliserol dan TiO_2 serta Aplikasinya Pada Wortel (*Daucus carota L.*)”. Shalawat beserta salam semoga senantiasa tercurah dan dilimpahkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang dengan ilmu pengetahuan dan cahaya Islam.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, motivasi, serta doa dalam proses pelaksanaan penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini, sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini, penulis secara khusus ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Prof. Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Prof. Dr. Maya Rahmayanti, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Bapak Endaruji Sedyadi, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran dan motivasi selama proses penulisan tugas akhir ini. Terima kasih sebesar-besarnya atas bantuan yang Bapak berikan, yang selalu memberikan kemudahan. Sungguh suatu kehormatan dan rasa bangga, penulis berkesempatan menjadi mahasiswa bimbingan Bapak.
5. Seluruh Dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga yang telah menyalurkan serta memberikan ilmunya selama bangku perkuliahan.
6. Segenap PLP Laboratorium Kimia Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang selalu membantu penulis selama melaksanakan penelitian, serta selalu memberikan dukungan kepada penulis.
7. Kedua orang tua tercinta Bapak dan Ibu, dua orang yang sangat berjasa dalam hidup penulis, dua orang yang menjadi sumber kekuatan di setiap langkah penulis, dua orang yang selalu mengusahakan anak perempuan pertamanya ini untuk bisa menempuh pendidikan setinggi-tingginya. Terima kasih yang tak terhingga kepada bapak dan ibu yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan, memberikan motivasi, nasihat dan selalu mendoakan setiap langkah penulis. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat bapak dan ibu bahagia. Sehat selalu dan panjang umur karena bapak dan ibu harus selalu ada di setiap perjuangan dan pencapaian penulis.

8. Adik laki-laki penulis, terima kasih telah selalu menghibur dan memberikan kasih sayang serta selalu memberikan semangat kepada penulis.
9. Seseorang yang tidak bisa disebutkan, terimakasih sudah menjadi tempat cerita, keluh kesah serta selalu memberikan semangat, kasih sayang, doa dan dukungan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir.
10. Sahabat seperjuangan penulis, Tirta Sekar Arum, yang selalu memberikan dukungan moral dengan cara yang tak terduga, serta setia mendampingi dalam suka maupun duka sejak awal kuliah, serta penelitian tugas akhir hingga skripsi ini selesai. Terima kasih atas segala solusi, saran, dan kesigapanmu dalam membantu di berbagai situasi. Terima kasih pula telah menjadi pendengar yang baik dan bersedia melewati momen berharga ini bersama penulis. Semoga Allah SWT selalu melindungi dan memberkahi setiap langkahmu.
11. Sahabat terkasih Tirta Sekar Arum, Nadia Dahmayasari, dan Shabrina Dyandra yang sudah menjadi teman seperjuangan penulis selama menempuh bangku perkuliahan, terima kasih atas segala bantuan baik secara fisik maupun material yang sangat amat berarti, serta terima kasih sudah mau kebersamaian dalam kenangan indah selama kurang lebih 4 tahun, terima kasih sudah selalu memberikan semangat, doa, dukungan, dan menjadi tempat “pulang” selama perkuliahan. Semoga hal-hal baik yang datang kepada kalian di masa depan.
12. Terkhusus kepada ketiga sahabat penulis Sukma Primasari, Ananda Putri Ahmadi, S.M., dan Tazky Aulia Faradina, S.Km., merupakan orang-orang yang menemani perjalanan pendidikan penulis dari mulai SMP hingga Kuliah. Terima kasih atas kebersamaan yang sangat berarti hingga saat ini. Semoga selalu diberikan kemudahan dan kelancaran di setiap langkah kalian.
13. Terkhusus kepada sahabat penulis Lutfia Mustika Yasriyanti Saleh, yang menemani perjalanan pendidikan penulis dari SMA hingga kuliah. Senantiasa menjadi seorang yang mendengarkan keluh kesah penulis, menjadi wadah untuk meluapkan curahan hati bagi penulis, dan selalu menyemangati penulis dalam segala hal. Semoga kedepannya hal baik selalu datang kepadamu.
14. Teman-teman sekaligus keluarga terbaik seperantauan sejak masa SMA hingga bersama-sama menempuh babak baru di Kota yang penuh kenangan ini, Yogyakarta: Salsabila Alhamdani Fatamasya, Lutfia Mustika, Afina Nur Ayiza, Septy Nur Fadhillah, Wahyu Nurwati, Fikri Baihaqi, Wahidatul Munawaroh, Divandra, Fauzan dan Ahmad Raihan. Terima kasih telah senantiasa mewarnai selama masa kuliah penulis dengan tawa, cerita, suntikan semangat, serta kebersamaan yang sangat berarti.
15. Kepada kakak tingkat, Kak Yogi Miftahudin, S.Si., yang selalu bersedia memberikan arahan serta ilmu selama penulis menjalani perkuliahan hingga penelitian.
16. Kepada teman-teman KKN “*Journal Kalongan*”, Unun, Bunda Natam, Okta, Dilla, Ketum Arya, Abang Zaki, Lukman, dan Fahry. Terima kasih atas kebersamaan pengalaman yang sangat berarti selama 45 hari di Desa Kalongan,

Magelang. Terima kasih atas semua canda, tawa, dan seluruh ketulusan hati kalian yang sangat berarti. Tetap semangat dan bahagia selalu.

17. Kepada teman-teman Kimia 2022, Xenon. Terima kasih untuk semua cerita dan pengalaman selama perkuliahan.
18. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas bantuannya dalam pelaksanaan penelitian ini.
19. Terakhir, tetapi tidak kalah penting, anak perempuan pertama dan haeapan orang tuanya, Lu'lu' Ramadhani Nurjannah. Ya, diri sendiri. Apresiasi tanpa henti. Terimakasih telah bekerja keras dan bertahan sejauh ini. Untuk setiap malam yang dihabiskan dalam kelelahan, pagi yang disambut dengan kekhawatiran, namun tetap dijalani dan berhasil dilalui. Terima kasih kepada hati yang tetap ikhlas, mesko banyak hal yang terjadi di luar prediksi. Terima kasih kepada jiwa yang tetap kuat, meski berkali-kali hampir menyerah karena kondisi. Terima kasih kepada raga yang terus melangkah, meski lelah menghadapi tekanan tapi tetap diperjuangkan. Teruslah belajar dan mensyukuri nikmat Tuhan berikan. Tetap semangat tanpa henti untuk terus berusaha, berbahagialah dimanapun kamu berada. Penulis berdoa agar langkah kecilmu selalu diperkuat, dikelilingi orang-orang baik dan hebat, serta mimpimu satu persatu akan terjawab. Aamiin.

Harapan penulis, semoga segenap pihak yang telah membantu penelitian dan penulisan skripsi ini mendapat pahala dari Allah SWT sebagai amal jariyah di akhirat kelak. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka untuk menerima segala bentuk kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dan penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Setiap masukan akan menjadi pembelajaran berharga bagi penulis untuk berkembang lebih baik lagi. Semoga skripsi ini dapat memperluas wawasan, khususnya mengenai *edible film*, serta memberikan manfaat nyata bagi para pembaca dan pihak yang membutuhkan.

Yogyakarta, 06 Juli 2026

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
HALAMAN MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah.....	6
C. Rumusan Masalah.....	7
D. Tujuan Penelitian.....	7
E. Manfaat Penelitian.....	8
BAB II.....	9
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	9
A. Tinjauan Pustaka.....	9
B. Landasan Teori.....	14
1. Pati Ubi Jalar.....	14
2. Gliserol sebagai <i>Plasticizer</i>	16
3. Titanium Dioksida (TiO ₂).....	17
4. <i>Edible Film</i>	19
5. Sifat Fisik dan Mekanik <i>Edible Film</i>	22
6. Aktivitas Antibakteri.....	27
7. Wortel.....	28
8. Aplikasi <i>Edible Film</i> Pada Wortel.....	30
9. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	31
10. Uji Statistik.....	33
C. Kerangka Berpikir dan Hipotesis Penelitian.....	34
BAB III.....	39
METODE PENELITIAN.....	39
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	39
B. Alat-Alat Penelitian.....	39
C. Bahan-Bahan Penelitian.....	40
D. Cara Kerja Penelitian.....	41
1. Proses Pembuatan Pati Ubi Jalar Putih.....	41

2. Pembuatan <i>Edible Film</i> Tanpa Penambahan TiO_2	41
3. Pembuatan <i>Edible Film</i> Penambahan TiO_2	42
4. Analisis Gugus Fungsi menggunakan <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).43	
5. Uji Sifat Fisik dan Mekanik <i>Edible Film</i>	44
6. Aktivitas Antibakteri <i>Edible Film</i> Berdasarkan Diameter Zona Hambat	47
7. Uji Susut Bobot.....	47
E. Teknik Analisis Data	48
BAB IV	49
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	49
A. Preparasi Pati Ubi Jalar Putih	50
B. Analisis Gugus Fungsi Pati Ubi Jalar Putih menggunakan <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	52
C. Pembuatan <i>Edible film</i> dengan Penambahan Variasi <i>Plasticizer</i> Gliserol Serta Tanpa Penambahan TiO_2	55
D. Karakterisasi <i>Edible film</i> Ubi Jalar Putih dengan Penambahan <i>Plasticizer</i> Gliserol dan Tanpa Penambahan TiO_2	57
1. Analisis Gugus Fungsi <i>Edible film</i>	57
2. Sifat Mekanik <i>Edible Film</i>	58
3. Analisis Sifat Fisik.....	65
4. Uji Statistik Analisis Data Sifat Fisik dan Mekanik <i>Edible Film</i> Ubi Jalar Putih dengan Penambahan <i>Plasticizer</i> Gliserol dan Tanpa Penambahan TiO_2	69
E. Pembuatan <i>Edible film</i> dengan Penambahan Variasi <i>Plasticizer</i> gliserol dan TiO_2 74	
F. Analisis Gugus Fungsi <i>Edible film</i> Penambahan TiO_2	76
G. Uji Aktivitas Antibakteri <i>Edible Film</i> Penambahan TiO_2	79
H. Aplikasi <i>Edible Film</i>	83
1. Susut Bobot Wortel.....	83
2. Uji Statistik Analisis Data Susut Bobot Wortel.....	87
BAB V.....	90
KESIMPULAN DAN SARAN.....	90
A. Kesimpulan.....	90
B. Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN.....	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Amilosa	14
Gambar 2.2 Struktur Amilopektin	15
Gambar 4.1 Spektrum FTIR Pati Ubi Jalar Putih	53
Gambar 4.2 Spektra FTIR <i>Edible Film</i> dari Pati Ubi Jalar Putih (a) dengan Penambahan <i>Plasticizer</i> Gliserol Variasi Konsentrasi 10% (b), dan 50% (c).....	57
Gambar 4.3 Hasil Ketebalan <i>Edible Film</i> Pada Variasi Penambahan <i>Plasticizer</i> Gliserol 10, 20, 30, 40, Dan 50%.....	59
Gambar 4.4 Hasil Elongasi <i>Edible Film</i> Pada Variasi Penambahan Konsentrasi <i>Plasticizer</i> Gliserol 10, 20, 30, 40, dan 50%.....	61
Gambar 4.5 Hasil Kuat Tarik <i>Edible Film</i> Pada Variasi Penambahan Konsentrasi <i>Plasticizer</i> Gliserol 10, 20, 30, 40, dan 50%.....	63
Gambar 4.8 Hasil <i>Modulus Young Edible Film</i> Pada Variasi Penambahan Konsentrasi <i>Plasticizer</i> Gliserol 10, 20, 30, 40, dan 50%.....	64
Gambar 4.9 Hasil WVTR <i>Edible Film</i> Pada Variasi Penambahan Konsentrasi <i>Plasticizer</i> Gliserol 10, 20, 30, 40, dan 50%.....	66
Gambar 4.10 Hasil Uji Kruskal-Wallis Sifat Fisik dan Mekanik <i>Edible Film</i>	72
Gambar 4.11 Hasil Uji Kruskal-Wallis WVTR <i>Edible Film</i>	73
Gambar 4.12 Spektra FTIR <i>Edible Film</i> Dari Pati Ubi Jalar Putih (a) dengan Penambahan <i>Plasticizer</i> Gliserol dan TiO ₂ Variasi Konsentrasi 1,5% (b) Dan 6% (C).....	77
Gambar 4.13 Rata-Rata Diameter Zona Hambat <i>Edible Film</i> dari Pati Ubi Jalar Putih dengan Penambahan <i>Plasticizer</i> Gliserol Konsentrasi 10% dan TiO ₂ Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>E. Coli</i> dan <i>S. Aureus</i>	79
Gambar 4.14 Hasil Pengujian Aktivitas Antibakteri <i>Edible Film</i> Terhadap Bakteri <i>E. Coli</i> dan <i>S. Aureus</i> Menggunakan Metode Difusi Cakram: (a) Skema Posisi Peletakan Sampel; (b-d) Hasil Pengulangan Pada Bakteri <i>E. Coli</i> ; dan (e-g) Hasil Pengulangan Pada Bakteri <i>S. Aureus</i> yang Menunjukkan Tidak Terbentuknya Zona Hambat.....	82
Gambar 4.15 Grafik Susut Bobot Wortel.....	83
Gambar 4.16 Hasil Uji Kruskal-Wallis Susut Bobot Wortel	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Mutu <i>Edible Film</i> Berdasarkan <i>Japanese Industrial Standard</i> (JIS) 1975	20
Tabel 2.2 Interpretasi Koefisien Korelasi (Hiala et al., 2019)	34



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Berat Gliserol	103
Lampiran 2. Perhitungan Berat TiO_2	103
Lampiran 3. Rendemen Pati Ubi Jalar Putih	103
Lampiran 4. Pembuatan Pati Ubi Jalar Putih	104
Lampiran 5. Proses Pembuatan <i>Edible Film</i>	106
Lampiran 6. Hasil Pembuatan <i>Edible Film</i> dengan Variasi Konsentrasi Gliserol 10, 20, 30, 40, dan 50%	107
Lampiran 7. Hasil Pembuatan <i>Edible Film</i> Variasi Konsentrasi Gliserol Terbaik dengan Penambahan TiO_2 Pada Variasi 1,5%, 3%, 4,5%, 6%	108
Lampiran 8. Uji WVTR dan Uji Susut Bobot.....	110
Lampiran 9. Hasil Uji Ketebalan, Kuat Tarik, dan Elongasi	111
Lampiran 10. Tabel Kuat Tarik, Ketebalan, Elongasi dan <i>Modulus Young</i>	116
Lampiran 11. Hasil Uji WVTR.....	116
Lampiran 12. Hasil Uji Susut Bobot Wortel.....	126
Lampiran 13. Uji Normalitas Sifat Fisik dan Mekanik <i>Edible Film</i>	128
Lampiran 14. Uji Korelasi Pearson Sifat Fisik dan Mekanik <i>Edible Film</i>	129
Lampiran 15. Uji Homogenitas Sifat Fisik dan Mekanik <i>Edible Film</i>	130
Lampiran 16. Uji Kruskal-Wallis-Rank Sifat Fisik dan Mekanik <i>Edible Film</i>	130
Lampiran 17. Uji Normalitas WVTR <i>Edible Film</i>	131
Lampiran 18. Uji Korelasi Spearman WVTR <i>Edible Film</i>	131
Lampiran 19. Uji Kruskal-Wallis-Ranks WVTR <i>Edible Film</i>	131
Lampiran 20. Uji Normalitas Susut Bobot Wortel.....	132
Lampiran 21. Uji Korelasi Pearson Susut Bobot Wortel.....	132
Lampiran 22. Uji Homogenitas Susut Bobot Wortel.....	133
Lampiran 23. Uji Kruskal-Wallis-Ranks Susut Bobot Wortel.....	133
Lampiran 24. Hasil Analisis Fourier Transform Infrared (FTIR).....	134

ABSTRAK

Sintesis *Edible Film* dari Pati Ubi Jalar Putih (*Ipomoea batatas L.*) dengan Penambahan *Plasticizer* Gliserol dan TiO_2 Serta Aplikasinya pada Wortel (*Daucus carota L.*)

Oleh:

Lu'lu' Ramadhani Nurjannah

22106030016

Dosen Pembimbing:

Endaruji Sedyadi, S.Si., M.Sc.

Penelitian mengenai *edible film* berbasis pati ubi jalar putih dengan penambahan *plasticizer* gliserol dan TiO_2 sebagai bahan pengemas wortel telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi *plasticizer* gliserol terhadap sifat fisik dan mekanik, mengkaji pengaruh penambahan variasi konsentrasi TiO_2 dengan konsentrasi *plasticizer* gliserol terbaik terhadap zona hambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*, serta terhadap masa simpan wortel dengan parameter uji susut bobot. *Edible film* dibuat dengan metode gelatinisasi menggunakan pati 5 gram, gliserol (10; 20; 30; 40; 50% dari berat pati), dan TiO_2 (1,5; 3; 4,5; 6% dari berat pati). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *plasticizer* gliserol berpengaruh terhadap parameter ketebalan, kuat tarik, elongasi, dan *Modulus Young*. *Edible film* dengan penambahan *plasticizer* gliserol dengan variasi konsentrasi 10% memiliki nilai parameter terbaik dengan ketebalan 0,0783 mm, kuat tarik 37,5438 MPa, *Modulus Young* 16,9783 MPa, WVTR 2,2963 g/m²/24jam. Penambahan TiO_2 pada *edible film* berbahan dasar pati ubi jalar putih dengan konsentrasi *plasticizer* gliserol terbaik tidak memberikan pengaruh terhadap pembentukan zona hambat bakteri *Escherichia coli* maupun *Staphylococcus aureus*. Selain itu, pengujian susut bobot pada wortel yang dilapisi *edible film* dengan penambahan TiO_2 terbukti berpengaruh memperlambat susut bobot wortel dibandingkan kontrol.

Kata kunci: *edible film*, pati ubi jalar putih, gliserol, TiO_2 , wortel

ABSTRACT

Synthesis of *Edible Film* from White Sweet Potato Starch (*Ipomoea batatas* L.) with the Addition of Glycerol and TiO₂ Plasticizers and Its Application to Carrots (*Daucus carota* L.)

By:

Lu'lu' Ramadhani Nurjannah
22106030016

Supervisor:

Endaruji Sedyadi, S.Si., M.Sc.

Research on edible film based on white sweet potato starch with the addition of glycerol and TiO₂ plasticizers as carrot packaging materials has been conducted. This study aims to analyze the effect of variations in glycerol plasticizer concentration on physical and mechanical properties, examine the effect of adding variations in TiO₂ concentration with the best glycerol plasticizer concentration on the growth inhibition zone of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacteria, and on the shelf life of carrots with weight loss test parameters. Edible film was made by gelatinization method using 5 grams of starch, glycerol (10; 20; 30; 40; 50% of the starch weight), and TiO₂ (1.5; 3; 4.5; 6% of the starch weight). The results showed that the addition of glycerol plasticizer affected the parameters of thickness, tensile strength, elongation, and Young's modulus. Edible film with the addition of glycerol plasticizer with a concentration variation of 10% has the best parameter value with a thickness of 0.0783 mm, tensile strength of 37.5438 MPa, young modulus of 16.9783 MPa, WVTR 2.2963 g/m²/24 hours. The addition of TiO₂ to edible film made from white sweet potato starch with the best concentration of glycerol plasticizer does not affect the formation of inhibition zones of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacteria. In addition, the weight loss test on carrot edible film with the addition of TiO₂ was proven to have an effect on slowing down the weight loss of carrots compared to the control.

Keywords: edible film, white sweet potato starch, glycerol, TiO₂, carrot

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Wortel (*Daucus carota L.*) merupakan salah satu sayuran penting yang banyak dikonsumsi karena kandungan nutrisinya yang tinggi, seperti β -karoten (prekursor vitamin A), vitamin C, vitamin K, asam folat, kolin, serta berbagai senyawa bioaktif seperti karotenoid, fenolik, dan poliasetilen yang berperan sebagai antioksidan (Johannes & Tuwo, 2024). Selain itu, wortel juga kaya akan serat pangan yang bermanfaat bagi kesehatan. Namun, wortel segar memiliki kandungan air yang tinggi dan tekstur yang rentan, sehingga mudah kehilangan kelembapan, mengalami kerusakan fisik menjadi lebih lembek dan tekstur yang tampak keriput, serta pembusukan akibat respirasi, transpirasi, dan serangan mikroorganisme selama distribusi maupun penyimpanan. Kondisi ini menyebabkan umur simpan wortel menjadi singkat dan menurunkan kualitas nutrisi, tekstur, serta nilai jual (Wang et al., 2023).

Adapun beberapa cara untuk mempertahankan kualitas wortel selama penyimpanan yang efektif dan telah dibuktikan melalui penelitian ilmiah. Pengemasan vakum yang dilakukan dengan mengeluarkan oksigen dari kemasan dan penyimpanan pada suhu rendah (6-12°C) dengan kelembapan yang relatif tinggi (74-99%) dapat mengurangi laju respirasi dan transpirasi serta menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab pembusukan. Metode ini secara signifikan memperpanjang umur simpan wortel dan menjaga kesegaran serta mutu fisiknya (Mirontoneng et al., 2019). Namun pengemasan vakum pada wortel dapat menyebabkan akumulasi gas

etilen dan kelembapan di dalam kemasan, yang jika tidak dikontrol dapat memicu pembentukan kondensasi seperti pelunakan dan perubahan warna (Mirontoneng et al., 2019). Selain itu, penyimpanan suhu rendah dapat mempengaruhi perubahan nilai kekerasan pada sayur dan buah. Semakin rendah suhu penyimpanan maka semakin lambat penurunan nilai kekerasan pada sayur dan buah (Pinem et al., 2020). Oleh sebab itu, diperlukan adanya suatu pengemas untuk memperpanjang masa simpan pada wortel.

Pengemasan produk pangan merupakan proses pembungkusan dengan bahan kemas yang sesuai untuk menjaga dan juga melindungi pangan hingga sampai kepada konsumen, sehingga mutu dan keamanannya tetap terpelihara (Basuki et al., 2014). Menurut FAO dan UNEP, sekitar 300 juta ton plastik diproduksi setiap tahun, dan sebagian besar digunakan dalam industri pengemasan makanan sekali pakai. Akan tetapi, salah satu bahan untuk mengemas produk pangan yang sering digunakan adalah plastik yang banyak mengandung bahan kimia dan juga cukup berbahaya serta non-*biodegradable* yang menyebabkan banyaknya limbah di lingkungan dan sulit diuraikan. Perhatian para peneliti mulai tertuju pada bahan pengemasan yang ramah lingkungan seperti *edible film* dan *edible coating*, yang terbuat dari biopolimer alami dan dapat terdegradasi secara hayati tanpa meninggalkan residu berbahaya (Sharma et al., 2024). *Edible film* adalah alternatif karena bersifat *biodegradable* dan juga bertindak sebagai *barrier* terhadap transfer massa (seperti kelembapan, oksigen, lipid, cahaya dan zat terlarut), sebagai *carrier* bahan makanan dan bahan tambahan serta untuk mempermudah penanganan makanan (Asriani et al., 2025).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi potensi pati lokal seperti pati uwi dan pati sagu sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* ramah lingkungan dengan penambahan *plasticizer* gliserol. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Lestari et al., (2022) menunjukkan bahwa *edible film* dari pati uwi dengan penambahan kitosan dan gliserol mampu mencapai kuat tarik 3,032 MPa, namun nilai elongasinya hanya mencapai 13,7%, jauh di bawah standar 70% menurut *Japanese Industrial Standard*. Sementara itu, penelitian oleh Polnaya et al., (2016) pada *edible film* berbasis pati sagu alami dan fosfat mengungkapkan bahwa penambahan gliserol meningkatkan elongasi hingga 20,94% dan daya larut hingga 42,43%, namun menyebabkan penurunan *tensile strength* dan transparansi, serta peningkatan laju transmisi uap air hingga 15,80 g/m²/jam jauh diatas batas ideal. Kedua penelitian ini mengindikasikan bahwa meskipun gliserol dapat meningkatkan fleksibilitas, kelemahan seperti rendahnya ketahanan terhadap uap air dan kurangnya elastisitas yang memadai masih menjadi kendala. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan *edible film* dengan bahan dasar alami lain yang memiliki karakteristik fisik dan fungsional yang lebih optimal.

Edible film merupakan salah satu bentuk kemasan ramah lingkungan yang dapat dikonsumsi bersama produk pangan yang dibungkusnya. Bahan pembuatnya umumnya berasal dari senyawa alami seperti polisakarida dan turunan lemak, antara lain agar, karaginan, alginat, pati, serta gelatin. Aplikasi *edible film* banyak ditemukan pada produk seperti sosis, permen, kapsul, dan sari buah. Di antara berbagai sumber, pati menjadi bahan baku yang banyak digunakan karena bersifat terbarukan, ekonomis, serta mampu membentuk *film* dengan karakteristik fisik yang mendekati plastik

konvensional. Hal ini menjadikan *edible film* sebagai solusi potensial dalam mengurangi penggunaan kemasan sintetis berbasis plastik (Siregar & Irma, 2012).

Pati yang umum dimanfaatkan sebagai bahan dasar *edible film* dapat diperoleh dari berbagai jenis umbi-umbian, seperti ubi jalar, kentang, dan ketela rambat (Shabrina, 2017). Ubi jalar merupakan tanaman yang banyak ditemukan di daerah beriklim tropis, termasuk di Indonesia. Kadar pati pada ubi jalar putih (*Ipomoea batatas* L.) sebesar 85,15% yang menunjukkan bahwa kadar pati ubi jalar putih lebih tinggi daripada kadar pati pada ubi jalar oranye dan ungu (Yuliansar et al., 2020). Kadar pati dalam pembuatan *edible film* merupakan faktor krusial karena sangat mempengaruhi sifat fisik, mekanik, dan fungsionalitas dari *film* yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi pati, kekuatan tarik meningkat, tetapi elastisitas bisa menurun jika tidak disertai *plasticizer* yang memadai (Santacruz et al., 2015). Berdasarkan hasil data yang diperoleh, pati ubi jalar putih memiliki potensi sebagai bahan alami dalam pembuatan *edible film*. Namun, penggunaannya sebagai bahan alami dalam pembuatan *edible film* masih tergolong jarang, terutama untuk jenis pati ubi jalar putih.

Penelitian mengenai penambahan *plasticizer* gliserol pada pembuatan *edible film* telah dilakukan oleh Siswo Hutomo & Noviyanty (2023). Penelitian ini menggunakan konsentrasi gliserol sebesar 10, 15, 20, 25, dan 30% untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik *edible film*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan gliserol 10% memberikan hasil terbaik dengan kadar air yang rendah, daya serap air dan minyak yang cukup baik untuk menjaga kestabilan produk, serta tingkat kesukaan panelis yang tinggi. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa *edible film* dari pati kentang asetat dengan *plasticizer*

gliserol berpotensi digunakan sebagai bahan pengemas *biodegradable* yang ramah lingkungan. Namun, *edible film* yang dihasilkan belum memiliki sifat antimikroba sehingga belum mampu melindungi produk pangan dari kontaminasi mikroorganisme selama penyimpanan. Oleh karena itu, penambahan senyawa aktif seperti titanium dioksida (TiO_2) sebagai agen antimikroba diperlukan untuk meningkatkan keamanan dan daya simpan *edible film* tersebut (Li et al., 2019).

Salah satu senyawa antimikroba yang sering digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah titanium dioksida (TiO_2) karena memiliki aktivitas antibakteri yang efektif terhadap bakteri Gram-positif maupun Gram-negatif, serta terhadap jamur. Kemampuannya tersebut berasal dari sifat fotokatalitik dan kemampuannya menghasilkan spesies oksigen reaktif (ROS) yang mampu merusak dinding sel mikroorganisme (Anaya-Esparza et al., 2020). Penambahan TiO_2 dalam *edible film* juga diketahui dapat meningkatkan kekuatan mekanik serta ketahanan terhadap uap air, sehingga memperpanjang masa simpan produk (Li et al., 2019). Berdasarkan penelitian Li et al., (2019), *edible film* berbasis kitosan pati dengan penambahan nanopartikel TiO_2 sebesar 3-7% menunjukkan peningkatan aktivitas antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dengan zona hambat yang meningkat seiring konsentrasi TiO_2 . Namun, penambahan TiO_2 juga mempengaruhi karakteristik visual *edible film*, khususnya pada aspek transparansi. *Film* semula bening menjadi berwarna putih dan tampak buram seiring peningkatan konsentrasi TiO_2 akibat efek opasitas dari partikel tersebut (Li et al., 2019). Oleh karena itu, meskipun TiO_2 menjanjikan dari segi fungsionalitas antimikroba, perlu dilakukan optimasi konsentrasi

agar tidak mengorbankan sifat visual kemasan yang mungkin penting untuk produk pangan tertentu.

Berdasarkan uraian di atas, maka preparasi *edible film* dari pati ubi jalar putih (*Ipomoea batatas L.*) dengan penambahan *plasticizer* gliserol dan TiO_2 dan aplikasinya pada wortel (*Daucus carota L.*) perlu dilakukan untuk mengeksplorasi efek penambahan gliserol sebagai *plasticizer* dan titanium dioksida (TiO_2) terhadap karakteristik *edible film* berbasis pati ubi jalar putih, serta penerapannya pada produk wortel. Ubi jalar putih dipilih sebagai alternatif bahan alami yang berpotensi untuk digunakan dalam formulasi *edible film*. Penambahan gliserol dan titanium dioksida (TiO_2) diharapkan dapat meningkatkan mutu, sifat fisik, dan mekanik dari *film* yang dihasilkan, sehingga mampu berfungsi secara optimal sebagai kemasan yang memperpanjang masa simpan wortel.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Ubi jalar putih yang digunakan diperoleh dari pasar tradisional Giwangan;
2. Gliserol yang digunakan adalah bahan komersial;
3. Uji fisik dan mekanik yang dilakukan adalah ketebalan, kuat tarik, elongasi, *Modulus Young*, dan laju transmisi uap air (WVTR);
4. Bakteri yang digunakan pada uji aktivitas bakteri adalah *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dengan metode difusi cakram;
5. Aplikasi *edible film* dilakukan sebagai pembungkus wortel dengan metode *wrapping* dan parameter yang dilakukan berupa uji susut bobot;
6. Penelitian ini hanya berskala laboratorium.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan *plasticizer* gliserol dengan variasi konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% terhadap sifat fisik dan mekanik yang meliputi ketebalan, kuat tarik, elongasi, *Modulus Young*, dan Laju Transmisi Uap Air (WVTR) pada *edible film* berbahan dasar pati ubi jalar putih?
2. Bagaimana pengaruh penambahan titanium dioksida (TiO_2) dengan variasi konsentrasi 1,5%; 3%; 4,5%; dan 6% pada *edible film* berbahan dasar pati ubi jalar putih dengan formulasi *plasticizer* terbaik terhadap aktivitas antibakteri pada bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*?
3. Bagaimana pengaruh penambahan titanium dioksida (TiO_2) pada *edible film* berbahan dasar pati ubi jalar putih dengan formulasi *plasticizer* terbaik terhadap masa simpan wortel dengan parameter susut bobot?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh penambahan *plasticizer* gliserol dengan variasi konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% terhadap sifat fisik dan mekanik *edible film* berbahan dasar pati ubi jalar putih, yang meliputi ketebalan, kuat tarik, elongasi, *Modulus Young*, dan Laju Transmisi Uap Air (WVTR).
2. Mengkaji aktivitas antibakteri *edible film* berbahan dasar pati ubi jalar putih dengan formulasi *plasticizer* terbaik setelah penambahan titanium dioksida (TiO_2) variasi konsentrasi 1,5%; 3%; 4,5%; dan 6% terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

3. Mengetahui pengaruh aplikasi *edible film* berbahan dasar pati ubi jalar putih dengan penambahan titanium dioksida (TiO_2) pada formulasi *plasticizer* terbaik untuk memperpanjang masa simpan wortel dengan parameter yang diukur adalah susut bobot.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan komposisi *edible film* berbahan dasar ubi jalar putih dengan sifat fisik dan mekanik yang lebih baik, dapat terdegradasi secara alami karena berbahan dasar pati, dengan penambahan TiO_2 sebagai agen antimikroba. Penelitian ini juga dapat bermanfaat dalam memberikan informasi kepada masyarakat bahwa *edible film* dari ubi jalar putih dengan penambahan TiO_2 dapat menjadi salah satu cara untuk menyelesaikan permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh plastik yang sulit untuk terurai.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penambahan *plasticizer* gliserol dengan variasi konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% berpengaruh signifikan terhadap seluruh parameter sifat fisik dan mekanik *edible film* berbahan dasar pati ubi jalar putih. Ketebalan dan elongasi meningkat seiring bertambahnya konsentrasi gliserol, sedangkan kuat tarik dan *Modulus Young* menurun. Seluruh variasi memenuhi standar JIS 1975 pada parameter ketebalan, kuat tarik, dan WVTR, namun hanya konsentrasi 10% yang memenuhi standar *Modulus Young*. Konsentrasi gliserol 10% ditetapkan sebagai formulasi terbaik.
2. Penambahan titanium dioksida (TiO_2) dengan variasi konsentrasi 1,5%, 3%, 4,5%, dan 6% pada *edible film* berbahan dasar pati ubi jalar putih dengan penambahan *plasticizer* gliserol 10% tidak menghasilkan zona hambat terhadap *E. coli* maupun *S. aureus* yaitu menghasilkan 0 mm. Hal ini diduga disebabkan oleh aktivitas fotokatalitik TiO_2 yang tidak teraktivasi dalam kondisi inkubasi gelap dan terbatasnya difusi partikel TiO_2 dari matriks ke media agar.
3. Aplikasi *edible film* dengan formulasi gliserol 10% dan variasi TiO_2 terbukti memperlambat susut bobot wortel dibandingkan kontrol selama 7 hari penyimpanan. Konsentrasi TiO_2 1,5% dan 3% memberikan perlindungan terbaik, meskipun perbedaan antar variasi TiO_2 tidak signifikan secara statistik.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperjelas ruang lingkup aplikasi *edible film* dengan menyebutkan secara spesifik tujuan atau parameter yang menjadi fokus pengujian pada bahan pangan yang digunakan pada judul.
2. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan alat pengatur ketebalan (*film applicator*) pada proses pencetakan *edible film* untuk memperoleh ketebalan yang seragam, sehingga variasi ketebalan bisa diminimalkan dan hasil pengujian lebih akurat.
3. Pengujian aktivitas antibakteri TiO_2 sebaiknya dilakukan menggunakan metode fotokatalitik dengan paparan sinar UV agar hasilnya lebih optimal.
4. Perlu dilakukan optimasi kombinasi *plasticizer* untuk meningkatkan nilai elongasi pada konsentrasi gliserol 10% agar memenuhi standar JIS 1975.
5. Penelitian lanjutan disarankan menggunakan variasi konsentrasi TiO_2 yang lebih sempit dan memperpanjang durasi penyimpanan produk.
6. Penelitian selanjutnya disarankan menguji aplikasi *edible film* pada jenis buah atau sayuran lain yang memiliki karakteristik kerusakan berbeda dengan wortel.
7. Perlu adanya pengujian pada parameter dan instrumen lainnya seperti kadar air, analisis XRD, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd Elkader, M. F., Almogbel, M. S., & Elabbasy, M. T. (2020). Survival and Reduction in Foodborne Bacteria Using Methyl Cellulose Film Doped with Europium Oxide Nanoparticles. *Food Science and Nutrition*, 8(1), 291–298. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1305>
- Agustina, A., & Hidayati, N. (2019). Penetapan Kadar B-Karoten Pada Wortel (*Daucus carota L.*) Mentah dan Wortel Rebus dengan Spektrofotometri Visibel Determination of B-Carotene Concrete on Raw Carrots (*Daucus carota L.*) and Boiled Carrots with Visible Spectrophotometry. In *JFSP* (Number 1). <http://journal.ummgl.ac.id/nju/index.php/jfsp>
- Al-Amin, K., Kawsar, Md., Mamun, Md. T. R. B., & Sahadat Hossain, Md. (2025). Fourier Transform Infrared Spectroscopic Technique for Analysis of Inorganic Materials: A Review. *Nanoscale Advances*, 7(21), 6677–6702. <https://doi.org/10.1039/D5NA00522A>
- Amalia, Z., Zaimahwati, & Zuhra. (2022). Pembuatan Edible Film Pati Singkong-Kitosan dengan Penambahan Plasticizer Gliserol Sebagai Plastik Kemasan. *Jurnal RISTERA (Jurnal Riset, Inovasi, Teknologi Dan Terapan)*, 1(1).
- Anaya-Esparza, L. M., Mora, Z. V. de la, Ruvalcaba-Gómez, J. M., Romero-Toledo, R., Sandoval-Contreras, T., Aguilera-Aguirre, S., Montalvo-González, E., & Pérez-Larios, A. (2020). Use of Titanium Dioxide (TiO₂) Nanoparticles as Reinforcement Agent of Polysaccharide-Based Materials. In *Processes* (Vol. 8, Number 11, pp. 1–26). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/pr8111395>
- Anggara, P. T., Zubaidah, E., & Purwantiningrum, I. (2015). Pengaruh Edible Coating Pada Pembuatan Wortel Instan-Anggara, dkk. In *Jurnal Pangan dan Agroindustri* (Vol. 3).
- Ardi, Siswo Hutomo, G., & Noviyanty, A. (2023). Pengaruh Penambahan Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film dari Modifikasi Pati Kentang (*Solannum tuberosum*) Asetat Anhidrida (Effect of the Addition of Glycerol Plasticizer on the Edible Film Characteristics of Starch Modification Potato (*Solannum tuberosum*) Accetate Anhydride). *J. Agrotekbis*, 11(5), 1199–1209.
- Asjulia, & Dyan AS. (2023). The Effect of Temperature and Packaging Type on The Shelf Life and Quality of Tomato Fruit. *Journal Agroecotech Indonesia*, 2.
- Asriani, N., Asikin, A. N., Irawan, I., Kusumaningrum, I., & Pamungkas, B. F. (2025). Penambahan Campuran Plasticizer Gliserol dan Sorbitol Terhadap Karakteristik Edible Film Karagenan. *Journal of Marine Research*, 14(1), 45–53. <https://doi.org/10.14710/jmr.v14i1.35481>

- Awangningrat, P. A., Lilis Suryani, C., Sari, Y. P., & Wariyah, C. (2025). Pengaruh Variasi Penambahan Pati Ubi Jalar Putih (*Ipomea batatas* L.) dan Plasticizer terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Stabilitas Warna Nori Artifisial Pandan (*Pandanus amaryllifolius*). *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 8. <https://doi.org/10.30595/pspfs.v8i.1478>
- Ballesteros-Mártinez, L., Pérez-Cervera, C., & Andrade-Pizarro, R. (2020). Effect of Glycerol and Sorbitol Concentrations on Mechanical, Optical, and Barrier Properties of Sweet Potato Starch Film. *NFS Journal*, 20, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.06.002>
- Basuki, E. K., Jariyah, & Hartati, D. D. (2014). Karakteristik Edible Film dari Pati Ubi Jalar dan Gliserol (Characteristic of Edible Film from Sweet Potato Starch and Glycerol). In *J.REKAPANGAN* (Vol. 8, Number 2).
- Bukit, B. F., & Sirait, S. H. (2019). Preparasi Dispersi Antibakteri Berbahan Dasar Titanium Dioksida (TiO_2) serta Aplikasinya Pada Kain dengan Metoda Dip Coating. *JUITECH: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Quality*, 59–64.
- Chioma, K. A. (2026). FTIR spectrum of Starch from Sweet Potato and The Effects of Acid Treatment and Extrusion. *South Asian Research Journal of Natural Products*, 9(2), 220–226. <https://doi.org/10.9734/sarjnp/2026/v9i2239>
- Dahri, M. (2019). Jenis Variabel dan Skala Pengukuran, Perbedaan Statistik Deskriptif dan Inferensial dan Statistik Parametrik dan Nonparametrik. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1-11.
- Darni, Y., Sitorus, T. M., Hanif, M., Prof, J., & Brojonegoro, S. (2014). Produksi Bioplastik dari Sorgum dan Selulosa Secara Termoplastik Thermoplastic Processing of Sorghum and Cellulose to Produce Bioplastics. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 10(2), 55–62.
- de Menezes, F. L. G., de Lima Leite, R. H., dos Santos, F. K. G., Aria, A. I., & Mendes Aroucha, E. M. (2024). TiO_2 Incorporated into A Blend of Biopolymeric Matrices Improves Film Properties and Affects The Postharvest Conservation of Papaya Fruits Under UV Light. *Food Chemistry*, 433, 137387. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137387>
- Dewi, R., Rahmi, & Nasrun. (2021). Perbaikan Sifat Mekanik dan Laju Transmisi Uap Air Edible Film Bioplastik Menggunakan Minyak Sawit dan Plasticizer Gliserol Berbasis Pati Sagu. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 61–77.
- Dorantes-Fuertes, M. G., López-Méndez, M. C., Martínez-Castellanos, G., Meléndez-Armenta, R. Á., & Jiménez-Martínez, H. E. (2024). Starch Extraction Methods in Tubers and Roots: A Systematic Review. In *Agronomy* (Vol. 14, Number 4).

- Eslami, Z., Elkoun, S., Robert, M., & Adjallé, K. (2023). A Review of the Effect of Plasticizers on the Physical and Mechanical Properties of Alginate-Based Films. *Molecules*, 28(18), 6637. <https://doi.org/10.3390/molecules28186637>
- Fransisca, A. (2019). Pengaruh Suhu dan Jumlah Perforasi Pada Kemasan Terhadap Susut Bobot Kangkung. *Jurnal Ilmu Pangan Dan Hasil Pertanian*, 3(1), 31–41. <https://doi.org/10.26877/jiphp.v3i1.3452>
- Ge, L., Na, G., Zhang, S., Li, K., Zhang, P., Ren, H., & Yao, Z. (2015). New Insights into the Aquatic Photochemistry of Fluoroquinolone Antibiotics: Direct Photodegradation, Hydroxyl-Radical Oxidation, and Antibacterial Activity Changes. *Science of the Total Environment*, 527–528, 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.099>
- Goudarzi, V., & Shahabi-Ghahfarrokhi, I. (2018). Development of Photo-Modified Starch/Kefiran/TiO₂ Bio-Nanocomposite as an Environmentally-Friendly Food Packaging Material. *International Journal of Biological Macromolecules*, 116, 1082–1088. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.05.138>
- Hardenburg, R. E., Watada, A. E., & Wang, C. Y. (1986). The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks (No. 66). *US Department of Agriculture, Agricultural Research Service*.
- Hayati, N., & Lazulva. (2018). Preparing of Cornstarch (*Zea mays*) Bioplastic Using ZnO Metal. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology (IJCS-UNIMED)*, 01, 23–30.
- Hiala, M. A., Aspatia, U., & Riwu, R. R. (2019). Uji Efektivitas Ekstrak Lengkuas (*Alpinia Galanga*) Sebagai Antibakteri *Escherichia coli*. *Journal of Community Health*, 1.
- Hutabarat, F. T., Setyadi Gumaran, & Utari, N. W. A. (2024). Karakteristik Fisik Edible Film Nanokomposit Berbasis Kitosan dengan Penambahan Beeswax dan NP-ZnO. *Agrisintech (Journal of Agribusiness and Agrotechnology)*, 5(1), 27–38. <https://doi.org/10.31938/agrisintech.v5i1.613>
- Irhami, Anwar, C., & Kemalawaty, M. (2019). Physicochemical Properties of Sweet Potato Starches by Studying Their Varieties and Drying Temperatures. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 20(1), 33–44.
- Johannes, E., & Tuwo, M. (2024). Pengaruh *Edible Coating* Berbasis Pati Ubi Kayu (*Manihot esculenta crantz*) dengan Penambahan Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber officinale var. rubrum*) Terhadap Umur Simpan Buah Potong Wortel (*Daucus*

- carota L.*). *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 15(1), 28–38. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jai2>
- Kaewklin, P., Siripatrawan, U., Suwanagul, A., & Lee, Y. S. (2018). Active Packaging from Chitosan-Titanium Dioxide Nanocomposite Film for Prolonging Storage Life of Tomato Fruit. *International Journal of Biological Macromolecules*, 112, 523–529. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.124>
- Koshenaj, K., & Ferrari, G. (2024). A Comprehensive Review on Starch-Based Hydrogels: from Tradition to Innovation, Opportunities, and Drawbacks. *Polymers*, 16(14). <https://doi.org/10.3390/polym16141991>
- Kumalasari, E., Agustina, D., & Ariani, N. (2020). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Bawang Dayak (*Eleutherine Palmifolia* Merr.) Terhadap *Escherichia coli*. *Jurnal Insan Farmasi Indonesia*, 3(1), 75–84. <https://doi.org/10.36387/jifi.v3i1.497>
- Kumar, L., Tyagi, P., Lucia, L., & Pal, L. (2025). Innovations in Edible Packaging Films, Coatings, and Antimicrobial Agents for Applications in Food Industry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24(4). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70217>
- Lazić, V., Nikšić, V., & Nedeljković, J. M. (2025). Application of TiO₂ in Photocatalytic Bacterial Inactivation: Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(21), 10593. <https://doi.org/10.3390/ijms262110593>
- Leonard, V. (2023). Karakteristik dan Aplikasi Edible Coating Pada Buah dan Sayur. *Zigma*, 38 (1), 120–132.
- Lestari, B. R. A., Rohmah, N. W. R., & Pujiastuti, C. (2022). Kajian Pembuatan Edible Film dari Pati Uwi dengan Penambahan Kitosan dan Gliserol. *Journal of Chemical and Process Engineering ChemPro*, 3(1), 38–44. www.chempro.upnjatim.ac.id
- Li, W., Zheng, K., Chen, H., Feng, S., Wang, W., & Qin, C. (2019). Influence of Nano Titanium Dioxide and Clove Oil on Chitosan-Starch Film Characteristics. *Polymers*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/polym11091418>
- Listanti, A., Taufiq, A., Hidayat, A., & Sunaryono, S. (2018). Investigasi Struktur dan Energi Band Gap Partikel Nano TiO₂ Hasil Sintesis Menggunakan Metode Sol-Gel. *JPSE (Journal of Physical Science and Engineering)*, 3(1), 8–15. <https://doi.org/10.17977/um024v3i12018p008>
- Liu, Z., & Liu, X. (2022). Enhanced Antibacterial Performance of Chitosan/Corn Starch Films Containing TiO₂/Graphene for Food Packaging. *Polymers*, 14(18), 3844. <https://doi.org/10.3390/polym14183844>

- Luna-Guevara, J. J., Arenas-Hernandez, M. M. P., Martínez de la Peña, C., Silva, J. L., & Luna-Guevara, M. L. (2019). The Role of Pathogenic *E. coli* in Fresh Vegetables: Behavior, Contamination Factors, and Preventive Measures. *International Journal of Microbiology*, 2019, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2019/2894328>
- Marzuki, A., & Pramuda, A. (2014). Analisis FTIR dan Minimum Loss Pada Kaca Tellurite-Bismuth-Zinc-Plumbum untuk Aplikasi Fiber Optik Infrared FTIR Analysis and Minimum Loss in Glass Based Tellurite-Bismuth-Zinc-Plumbum for Infrared Fiber Optics Applications. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 10, 59–65. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v10i1.3051>
- Meydanju, N., Pirs, S., & Farzi, J. (2022). Biodegradable Film Based on Lemon Peel Powder Containing Xanthan Gum and TiO₂-Ag Nanoparticles: Investigation of Physicochemical and Antibacterial Properties. *Polymer Testing*, 106. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2021.107445>
- Mirontoneng, R., Longdong, I. A., & Lengkey, L. (2019). Kajian Mutu Wortel (*Daucus carota L.*) Terolah Minimal yang Dikemas Secara Vakum. *Jurnal COCOS*, 4(4), 1-8.
- Momtaz, F., Momtaz, E., Mehrgardi, M. A., Momtaz, M., Narimani, T., & Poursina, F. (2024). Enhanced Antibacterial Properties of Polyvinyl Alcohol/Starch/Chitosan Films with NiO-CuO Nanoparticles for Food Packaging. *Scientific Reports*, 14(1), 7356. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58210-8>
- Mustapa, R., Restuhadi, F., & Efendi, R. (2017). Pemanfaatan Kitosan sebagai Bahan Dasar Pembuatan Edible Film dari Pati Ubi Jalar Kuning (Doctoral dissertation, Riau University). *JOM FAPERTA*, 4(2).
- Nascimento, A. de F., Martin, L. A., Leandro, G. C., Fonseca, J. de M., Zeist, A. R., Valencia, G. A., & Monteiro, A. R. (2025). Modification of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Starches by Anti-Solvent Precipitation Method and Their Application to Stabilize Pickering Emulsions. *Starch/Stärke*, 77(10). <https://doi.org/10.1002/star.70116>
- Nasution, L. M. (2017). Statistik deskriptif. *Hikmah*, 14(1), 49-55.
- Ningsih, N. K., Novita, D. D., & Tamrin, T. (2023). Pengaruh Sinar UV-C Terhadap Perubahan Mutu Wortel (*Daucus carota L.*) Selama Penyimpanan. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2(3), 361. <https://doi.org/10.23960/jabe.v2i3.7893>
- Novita, M., Sugiyono, S., Suyatma, N. E., & Yuliani, S. (2022). Pemanfaatan Pelapis Edible untuk Mempertahankan Kualitas Buah dan Sayur Segar / Utilization of

- Edible Coatings to Maintain the Quality of Fresh Fruits and Vegetables. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 41(2), 65. <https://doi.org/10.21082/jp3.v41n2.2022.p65-73>
- Novita, W. (2016). Uji Aktivitas Antibakteri Fraksi Daun Sirih (*Piper Betle* L) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus Mutans* Secara In Vitro. *Jambi Medical Journal: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*, 4(2).
- Nulfia, I., & Etika, S. B. (2022). Plastik Biodegradable dari Pati Buah Sukun dengan Penambahan Plasticizer Gliserol. *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 11(2), 45. <https://doi.org/10.24036/p.v11i2.113483>
- Nurdin, M., Ritonga, H., Astria, M., Salim, L. O. A., Annisa, D., & Maulidiyah, M. (2021). Photocatalytic Sensor for Chemical Oxygen Demand Flow System Using N-TiO₂/Ti Electrode: Determination of Glucose and Potassium Hydrogen Phthalate. *Journal of Physics: Conference Series*, 1899(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1899/1/012040>
- Nurhayati, L. S., Yahdiyani, N., & Hidayatulloh, A. (2020). Perbandingan Pengujian Aktivitas Antibakteri Starter Yogurt dengan Metode Difusi Sumuran dan Metode Difusi Cakram. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 1(2), 41. <https://doi.org/10.24198/Jthp.V1i2.27537>
- Oleyaei, S. A., Zahedi, Y., Ghanbarzadeh, B., & Moayedi, A. A. (2016). Modification of Physicochemical and Thermal Properties of Starch Films by Incorporation of TiO₂ Nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules*, 89, 256–264. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.04.078>
- Pinem, E. H., Longdong, I. A., & Lengkey, L. C. C. E. (2020). Kajian Mutu Labu Siam (*Sechium edule*) Terolah Minimal yang Dikemas Vakum Selama Penyimpanan. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 11(2).
- Polnaya, F. J., Ega, L., & Wattimena, D. (2016). Karakteristik Edible Film Pati Sagu Alami dan Pati Sagu Fosfat dengan Penambahan Gliserol (Characteristics of Edible Film from Native and Phosphate Sago Starches with The Addition of Glycerol). *Jurnal Agritech*, 36(03), 247. <https://doi.org/10.22146/agritech.16661>
- Prisanti, A. N., Prastiwi, W. D., & Handayani, M. (2024). Analisis Preferensi Konsumen Wortel Organik (*Daucus carota* L.) di Kota Semarang (Studi Kasus: Komunitas Pasar Sehati Semarang). *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 10, 2752–2764.
- Putri, R. E., & Husni, P. (2017). Potensi Pati Asal Tanaman Waluh (*Sechium edule*) Sebagai Alternatif Eksiipien Farmasi. *Farmaka*, 15(2), 42-52.

- Putri, Y. R., Khuriyati, N., & Sukartiko, A. C. (2020). Analisis Pengaruh Suhu dan Kemasan Pada Perlakuan Penyimpanan Terhadap Kualitas mutu Fisik Cabai Merah Keriting (*Capsicum annum* L.). In *Jurnal Teknologi Pertanian* (Vol. 21, Number 2).
- Radhiyatullah, A., Indriani, N., Hendra, M., & Ginting, S. (2015). Pengaruh Berat Pati dan Volume Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik *Film* Bioplastik Pati Kentang. In *Jurnal Teknik Kimia USU* (Vol. 4, Number 3).
- Rahayu, L. H., Sriyana, H. Y., Kurniasari, R., & Lestari, R. A. S. L. (2023). Edible Coating Berbasis Pati Ubi Jalar dengan Modifikasi Karagenan dan Sorbitol untuk Memperpanjang Umur Simpan Tomat Ceri. *Inovasi Teknik Kimia*, 8, 46–51.
- Rahmi, Q. F., Wulandari, E., & Gumilar, J. (2022). Pengaruh Konsentrasi Gliserol Pada Gelatin Kulit Kelinci Terhadap Kadar Air, Ketebalan Film, dan Laju Transmisi Uap Air Edible Film. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 3(1), 19. <https://doi.org/10.24198/jthp.v3i1.39444>
- Rahmiationingrum, N., Sukardi, S., & Warkoyo, W. (2019). Study of Physical Characteristic, Water Vapor Transmission Rate and Inhibition Zones of Edible Films from Aloe Vera (*Aloe barbadensis*) Incorporated with Yellow Sweet Potato Starch and Glycerol. *Food Technology and Halal Science Journal*, 2(2), 113-121. <https://doi.org/10.22219/fths.v2i2>
- Ramdhani, R., Amalia, V., & Junitasari, D. A. (2022). Prosiding Seminar Nasional Kimia 2022 Seminar Nasional Kimia 2022 UIN Sunan Gunung Djati Bandung. *Gunung Djati Conference Series*, 15.
- Raturandang, R., Wenas, D. R., Mongan, S., & Bujung, C. (2022). Analisis Spektroskopi FTIR untuk Karakterisasi Kimia Fisik Fluida Mata Air Panas Di Kawasan Wisata Hutan Pinus Tomohon Sulawesi Utara. *Jurnal FisTa : Fisika Dan Terapannya*, 3(1), 28–33. <https://doi.org/10.53682/fista.v3i1.167>
- Rizky, M., Fajar Maulani, S., Annisa, S. R., Fatimah, S. M., Lukman, L. N., & Hanif, M. N. (2025). Review : Edible Film Berbasis Pati Jagung dengan Penambahan Gliserol dan CMC sebagai Plastik Biodegradable. *Jurnal Ganec Swara*, 19, 97–101. <http://journal.unmasmataram.ac.id/index.php/GARA>
- Rohmah, M. K., Fickri, D. Z., Damasari, K. P., Azis, R., & Wahyuni, K. I. (2019). Uji Aktifitas Antikoagulan Ekstrak Alkaloid Total Daun Alpukat (*Persea americana* Mill) Secara In Vitro. *Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika (J-PhAM)*, 2(1), 31-42.
- Rusli, A., Metusalach, M., & Tahir, M. M. (2017). Characterization of Carrageenan Edible Films Plasticized with Glycerol. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), 219. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.17499>

- Santacruz, S., Rivadeneira, C., & Castro, M. (2015). Edible Films Based on Starch and Chitosan. Effect of Starch Source Andconcentration, Plasticizer, Surfactant's Hydrophobic Tail Andmechanical Treatment. *Food Hydrocolloids*, 49, 89–94. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.019>
- Santoso, B., Apriliana, S., Priyanto, G., Hermanto, H., & Wijaya, A. (2020). Peningkatan Sifat Bioactive Edible Film dengan Menggunakan Filtrat Bubuk Gambir dan Minyak Sawit Merah. *AgriTECH*, 40(2), 161. <https://doi.org/10.22146/agritech.40601>
- Saputra, I. O. (2022). *Studi Dasar Pengujian Gugus Fungsi Pada Belimbing Wuluh Sebagai Demulsifier Lokal Untuk Mengatasi Permasalahan Emulsi Minyak Dan Air* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- Saputri, C. W. E., Pudja, I. A. R. P., & Kencana, P. K. D. (2019). Pengaruh Perlakuan Waktu dan Suhu Penyimpanan Dingin terhadap Mutu Kubis Bunga (Brassica Oleracea Var. Botrytis L.). *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 8(1), 138. <https://doi.org/10.24843/JBETA.2020.v08.i01.p17>
- Saputro, B. W., Dewi, E. nurcahya, & Susanto, E. (2017). Characteristics of Edible Film Made from Semirefined Carrageenan with the Addition of Tapioca Starch and Glycerol. *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 6(2). <http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/>
- Sastrohamidjojo, H. (2001). *Dasar-Dasar Spektroskopi* (2nd Ed.). Liberty Yogyakarta.
- Setiani, U. A., Sedyadi, E., Rahmayanti, M., & Warsito, G. M. (2025). Application of Edible Film from Mung Bean Starch with the Addition of Glycerol Plasticizer on Broccoli. *ALCHEMY: Journal of Chemistry*, 13(1), 1-7. <https://doi.org/10.18860/al.v13i1.31683>
- Shabrina, A. (2017). Sifat Fisik Edible Film yang Terbuat dari Tepung Pati Umbi Garut dan Minyak Sawit. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(3). <https://doi.org/10.17728/jatp.239>
- Shah, Y. A., Bhatia, S., Al-Harrasi, A., Afzaal, M., Saeed, F., Anwer, M. K., Khan, M. R., Jawad, M., Akram, N., & Faisal, Z. (2023). Mechanical Properties of Protein-Based Food Packaging Materials. *Polymers*, 15(7), 1724. <https://doi.org/10.3390/polym15071724>
- Sharma, S., Nakano, K., Kumar, S., & Katiyar, V. (2024). Edible Packaging to Prolong Postharvest Shelf-Life of Fruits and Vegetables: A Review. In *Food Chemistry Advances* (Vol. 4). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100711>

- Siregar, S. H., & Irma, W. (2012). Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Alternatif Bahan Baku Edible Film. In *Jurnal Photon* (Vol. 3, Number 1).
- Sobarsa, H. G., Suyatma, N. E., & Kusumaningrum, H. D. (2023). Potential of Aloe Vera Leaf Bark Extract as Antibacterial Ingredients in Pectin-Based Active Film. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 34(1), 62–69. <https://doi.org/10.6066/jtip.2023.34.1.62>
- Stephanie, D. A., Marfuatun, M., & Arifin, I. (2021). Synthesis and Characterization of Nata de Coco Based Edible film with the Addition of Cinnamon Oil. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 8(1), 8. <https://doi.org/10.26555/chemica.v8i1.17746>
- Sulistiawati, Ifadah, Yasmin, U., & Athiroh, U. (2024). Uji Daya Antibakteri Ekstrak Etanol Rambut Jagung Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Porphyromonas gingivalis*. *Jurnal Kesehatan Gigi Dan Mulut (JKGM)*, 6(1), 1–5. <https://doi.org/10.36086/jkgm.v6i1.1875>
- Sutopo, Y., & Slamet, A. (2017). *Statistika Inferensial*. Penerbit Andi.
- Syaputra, M. D., Sedyadi, E., Fajriati, I., & Sudarlin. (2020). Aplikasi Edible Film Pati Singkong dengan Penambahan Ekstrak Lidah Buaya (Aloe Vera) Pada Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Integrated Lab Journal*, 01(01). <https://doi.org/10.5281/zenodo.3270926>
- Syarifah, I., Al Awwaly, K. U., & Pt, S. (2021). *Aktivitas Antimikroba Edible Film Kasein-Kitosan yang Ditambah Titanium Dioksida dengan Level Berbeda* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Syuhada, N. (2023). Fabrikasi Dan Uji Luas Permukaan Material Microsphere-Nanorod Titanium Dioksida Fabrication and Surface Characterization of Microsphere-Nanorod Titanium Dioxide. *Spin*, 5(1), 146–155. <https://doi.org/10.20414/spin.v5i1.7157>
- Tang, C., Huang, J., Yang, Y., Ye, J., Liu, Y., Wang, J., & Chen, Q.-J. (2025). Regulating Starch Hydrogen Bond Network: Ternary Deep Eutectic Solvents Induce Performance Enhancement and Mechanistic Insights in Starch Films. *Food Research International*, 221, 117431. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.117431>
- Tarique, J., Sapuan, S. M., & Khalina, A. (2021). Effect of Glycerol Plasticizer Loading on The Physical, Mechanical, Thermal, and Barrier Properties of Arrowroot (*Maranta arundinacea*) Starch Biopolymers. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93094-y>

- Umar, A. W., Hussain, H., & Ahmad, N. (2025). The Known Unknowns: An Enigmatic Pathway of C17-Polyacetylenic Oxylipins in Carrot (*Daucus carota* L.). *Current Issues in Molecular Biology*, 47(6), 471. <https://doi.org/10.3390/cimb47060471>
- Unsa, L. K., & Paramastri, G. A. (2018). Kajian Jenis Plasticizer Campuran Gliserol dan Sorbitol Terhadap Sintesis dan Karakterisasi Edible Film Pati Bonggol Pisang Sebagai Pengemas Buah Apel. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 10.
- Wahyanti, E. (2021). *Pengaruh Penambahan Filler ZnO terhadap Pembuatan Bioplastik dari Pati Ubi Jalar (Ipomoea batatas L.)*. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Wahyudi, & Pangaribuan, D. H. (2025). Maximization Of Pre-Harvest, Harvest and Post-Harvest Handling as an Effort to Maintain Wortel Quality. *Agrisaintifika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 9(1), 83–91. <https://doi.org/10.32585/ags.v9i1.6119>
- Wang, H., Feng, Y., Guo, K., Shi, L., Xu, X., & Wei, C. (2024). Structural, Thermal, Pasting and Digestion Properties of Starches from Developing Root Tubers of Sweet Potato. *Foods*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/foods13071103>
- Wang, H., Zielinska, M., An, K., Fang, X. M., Raghavan, G. S. V., Zhang, Y., Orsat, V., Xiao, H. M., & Xiao, H. W. (2023). Effects of Vacuum-Steam Pulsed Blanching (VSPB) and Storage On B-Carotene, Color, Total Phenolics, Antioxidant Capacity and Volatile Profiles of Dried Carrots. *LWT*, 183. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114894>
- Wardah, I., & Hastuti, E. (2015). Pengaruh Variasi Komposisi Gliserol dengan Pati Dari Bonggol Pisang, Tongkol Jagung, dan Enceng Gondok Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Plastik Biodegradable. *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 77-85.
- Wardana, A. A. (2016). *Pembuatan Pelapis Bionanokomposit dari Tapioka, Nanopartikel ZnO dan Asam Stearat serta Aplikasinya Pada Mangga Terolah Minimal*. INSTITUT PERTANIAN BOGOR.
- Warkoyo, W., Haris, M. A., & Wahyudi, V. A. (2022). The Physical, Mechanical, Barrier Characteristics, and Application of Edible Film from Yellow Sweet Potato and Aloe Vera Gel. *AgriTECH*, 42(4), 390. <https://doi.org/10.22146/agritech.68633>
- Widyaningrum, D. R. W., Putri, D. K. T., & Taufiqurrahman, I. (2019). Antibacterial Activities of Chitosan in Haruan Fish Scales (*Channa Striata*) to The Growth of *Staphylococcus aureus*. *Dentino Jurnal Kedokteran Gigi*, 4, 162–167.

- Yuliansar, Ridwan, & Hermawati. (2020). Karakterisasi Pati Ubi Jalar Putih, Orange, dan Ungu. In *SAINTIS* (Vol. 1, Number 2).
- Zairisman, T., Budiastra, I. W., & Sugiyono, S. (2017). Carnauba Wax and Chitosan Coating to Maintain Quality of Peeled Carrot. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 05(2), 1–11. <https://doi.org/10.19028/jtep.05.2.153-160>
- Zhang, W., & Rhim, J. W. (2022). Titanium Dioxide (TiO₂) for The Manufacture of Multifunctional Active Food Packaging Films. In *Food Packaging and Shelf Life* (Vol. 31). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100806>

