

**VARIASI KONSENTRASI HIDROLISAT SELULOSA UNTUK
PERTUMBUHAN FUNGI KONTAMINAN DARI LIMBAH ALGA *Gracilaria* sp.**

SKRIPSI

Oleh

Angelina Jayanti Rosarini Putri

22201061042



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
TAHUN 2026**



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
VARIASI KONSENTRASI HIDROLISAT SELULOSA UNTUK
PERTUMBUHAN FUNGI KONTAMINAN DARI LIMBAH ALGA *Gracilaria* sp.

Angelina Jayanti Rosarini Putri

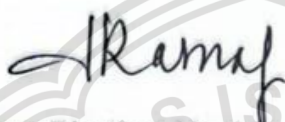
22201061042

Telah dipresentasikan di depan Majelis Penguji Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Malang pada tanggal

20 Februari 2026

Mengesahkan,

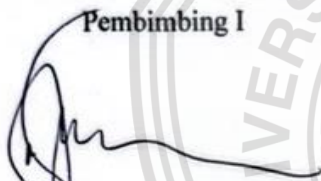
Penguji



Dr. Ratna Djuniwati Lisminingsih, M.Si.

NIP. 196406171988032001

Pembimbing I



Ir. Ahmad Syauqi, M.Si.

NPP.1930200001

Pembimbing II



Dr. Dra. Ari Hayati, M.P.

NPP. 1900200021

Mengetahui,

Dekan

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Malang



Prof. Dr. Husain Latuconsina, S.Pi., M.Si.

NPP. 191405197932145

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Angelina Jayanti Rosarini Putri

NPM : 22201061042

Program Studi : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan Pembimbing:

1. Ir. Ahmad Syauqi, M.Si.

2. Dr. Dra. Ari Hayati, M.P.

Menyatakan bahwa skripsi yang **VARIASI KONSENTRASI HIDROLISAT SELULOSA UNTUK PERTUMBUHAN FUNGI KONTAMINAN DARI LIMBAH ALGA *Gracilaria* sp.** adalah murni hasil pengerjaan saya dan tanpa ada unsur plagiat, manipulasi data, dan mengubah hasil penelitian secara tidak objektif serta mensitasi sesuai dengan sumber yang ada. Saya akan bertanggung jawab atas orisinalitas skripsi saya dan menaati Keputusan Menteri Pendidikan Nasional (Depdiknas) Nomor 17 Tahun 2010 tentang plagiarism di Pendidikan tinggi.

Malang, 5 Januari 2026



Nama : Angelina Jayanti Rosarini Putri

NPM : 22201061042

LEMBAR PERSETUJUAN

Nama : Angelina Jayanti Rosarini Putri
NPM : 22201061042
Judul : VARIASI KONSENTRASI HIDROLISAT SELULOSA UNTUK
PERTUMBUHAN FUNGI KONTAMINAN DARI LIMBAH ALGA
Gracilaria sp.

Telah disetujui untuk dipresentasikan pada Seminar Hasil di Program Studi Biologi, Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang.

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Ahmad Syauqi, M.Si.
NPP. 1930200001



Dr. Dra. Ari Hayati, M.P.
NPP. 1900200021

Mengetahui,

Wakil Dekan I

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Malang



Hamdani Dwi Prasetyo, S.Si., M.Si
NPP. 192901199232146

RIWAYAT HIDUP



Nama	: Angelina Jayanti Rosarini Putri
Tempat, tanggal lahir	: Batu, 29 Januari 2004
Nama Orang Tua	
Bapak	: Arifin
Ibu	: Tunik Permadani
Alamat	: Karangploso, Boro Ngondang

Riwayat Pendidikan

Periode	Sekolah/Universitas	Bidang Ilmu
2022-2026	Universitas Islam Malang	S1-Biologi
2019-2022	SMA AL-RIFAIE 1	IPA
2016-2019	SMP AL-MAARIF	-
2010-2016	SDN Oro-Oro Ombo 2	-

Riwayat Organisasi

Periode	Organisasi	Jabatan
2022-2023	PMII	Angota PDD
2023-2024	BEM FMIPA	CO.PDD
2024-2025	BEM FMIPA	CO.KEAGAMAAN

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Variasi Konsentrasi Hidrolisat Selulosa Untuk Pertumbuhan Fungi Kontaminan Dari Limbah Alga *Gracilaria* sp.” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang dengan agama Islam.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

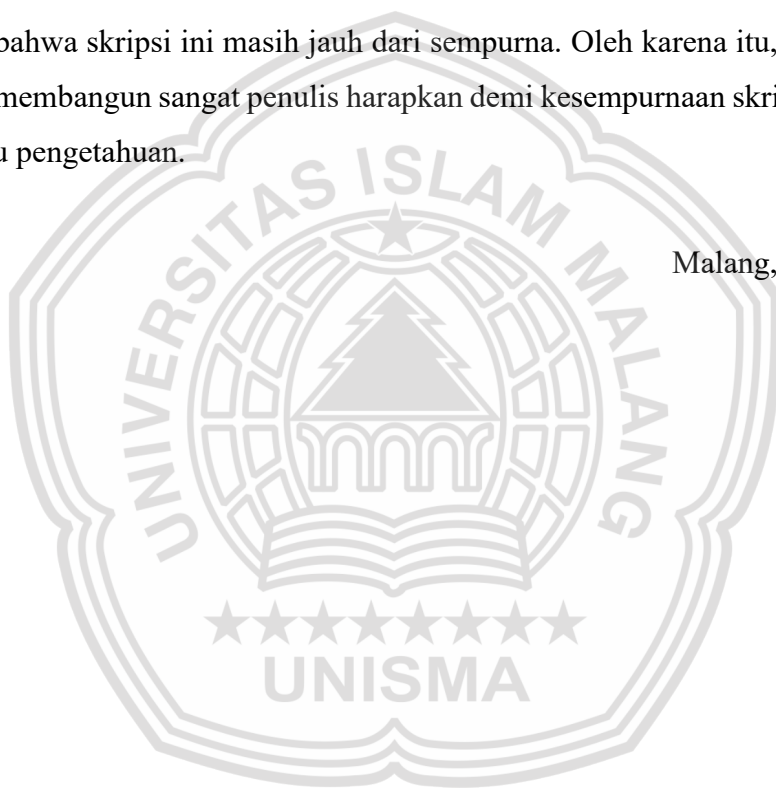
1. Prof. Drs. H. Junaidi, M.Pd., Ph.D., selaku Rektor Universitas Islam Malang (UNISMA).
2. Prof. Dr. Husain Latuconsina, S.Pi., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Malang; Hamdani Dwi Prasetyo, S.Si., M.Si., selaku Wakil Dekan I; dan Dr. Gatra Ervi Jayanti, S.Si., M.Si., selaku Wakil Dekan II Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Malang.
3. Dr. Sama' Iradat Tito, S.Si., M.Si., selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Malang.
4. Ir. Ahmad Syauqi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, serta saran-saran yang sangat bermanfaat selama proses penyusunan skripsi.
5. Dr. Dra. Ari Hayati, M.P., selaku Dosen Pembimbing II, atas dukungan, arahan, dan saran yang membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Dr. Ratna Djuniwati Lisminingsih, M.Si., selaku dosen penguji, yang telah berkenan memberikan saran dan evaluasi konstruktif terhadap skripsi ini.
7. Seluruh Akademika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Malang yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kesan positif selama masa perkuliahan.

8. Kedua orang tua penulis, Ibu Tunik Permadani dan Bapak Arifin, yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, motivasi, dan dukungan penuh baik secara materi maupun moral sehingga penulis dapat menempuh pendidikan hingga jenjang sarjana.
9. Sahabat-sahabat penulis dan seluruh teman angkatan 2022 yang telah menjadi teman berbagi pengalaman, memberikan semangat, dan selalu menemani penulis selama perkuliahan.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, atas bantuan, dukungan, dan doa yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Malang, Juni 2026

Penulis



ABSTRAK

Angelina Jayanti Rosarini Putri (22201061042) **Variasi Konsentrasi Hidrolisat Selulosa Untuk Pertumbuhan Fungi Kontaminan Dari Limbah Alga *Gracilaria* sp.**
Pembimbing (1) Ir. Ahmad Syaumi, M.Si.; (2) Dr. Dra. Ari Hayati, M.P.

Media pertumbuhan merupakan faktor utama yang menentukan keberhasilan pertumbuhan fungi, di mana ketersediaan sumber karbon sangat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan koloni. Limbah *Gracilaria* sp. pasca-ekstraksi agar masih mengandung selulosa sekitar 30–42% bobot kering yang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber karbon alternatif melalui proses hidrolisis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pertumbuhan fungi kontaminan dari limbah *Gracilaria* sp. pada media padat yang diperkaya hidrolisat selulosa dengan variasi konsentrasi. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan: P0 (media PDA sebagai kontrol), P1 (hidrolisat 5% v/v), dan P2 (hidrolisat 10% v/v), masing-masing dengan tiga ulangan dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 4 hari. Fungi kontaminan yang diisolasi dari limbah *Gracilaria* sp. diidentifikasi sebagai *Aspergillus* sp. berdasarkan pengamatan morfologi makroskopis. Pengamatan pertumbuhan dilakukan setiap 24 jam dengan mengukur luas koloni menggunakan rumus keliling dan luas lingkaran. Hasil menunjukkan bahwa kontrol (0%) memiliki rata-rata luas koloni tertinggi (159,20 mm²), diikuti konsentrasi 5% (65,93 mm²) dan 10% (56,40 mm²). Media dengan hidrolisat 10% mengalami adaptasi sebelum pertumbuhan meningkat pada hari keempat. Uji One-Way ANOVA menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan ($p = 0,001$). Analisis regresi linier menunjukkan hubungan positif signifikan antara waktu inkubasi dan luas koloni pada seluruh perlakuan, dengan persamaan $Y = 0,52 + 63,47X$ ($R^2 = 0,784$) pada konsentrasi 0%, $Y = -21,35 + 34,91X$ ($R^2 = 0,6648$) pada konsentrasi 5%, dan $Y = -22,27 + 37,1X$ ($R^2 = 0,924$) pada konsentrasi 10%. *Aspergillus* sp. mampu tumbuh pada seluruh perlakuan, namun kemampuan media berbasis hidrolisat dalam mendukung pertumbuhan berdasarkan luas koloni masih lebih rendah dibandingkan media PDA standar.

Kata kunci: *Aspergillus* sp., hidrolisat selulosa, limbah *Gracilaria* sp., media alternatif, pertumbuhan koloni

UNISMA

ABSTRACT

Angelina Jayanti Rosarini Putri (22201061042) **Variation in Cellulose Hydrolysate Concentration on the Growth of Contaminant Fungi from *Gracilaria* sp. Algal Waste**
Supervisors: (1) Ir. Ahmad Syauqi, M.Si. (2) Dr. Dra. Ari Hayati, M.P.

Growth media are a primary factor determining the success of fungal growth, as the availability of carbon sources greatly influences the rate of colony development. Post-extraction waste of *Gracilaria* sp. still contains approximately 30–42% cellulose (dry weight), which has the potential to be utilized as an alternative carbon source through hydrolysis. this study aimed to analyze the growth of contaminant fungi from *Gracilaria* sp. waste on solid media enriched with cellulose hydrolysate at varying concentrations. The experiment employed a Completely Randomized Design (CRD) with three treatments: P0 (PDA medium as control), P1 (5% v/v hydrolysate), and P2 (10% v/v hydrolysate), each with three replicates and incubated at 37°C for 4 days. the contaminant fungi isolated from *Gracilaria* sp. waste were identified as *Aspergillus* sp. based on macroscopic morphological observations. growth observations were conducted every 24 hours by measuring colony area using circumference and circle area formulas. the results showed that the control (0%) had the highest average colony area (159.20 mm²), followed by 5% (65.93 mm²) and 10% (56.40 mm²) concentrations. The 10% hydrolysate medium exhibited an adaptation phase before growth increased on the fourth day. One-Way ANOVA analysis indicated a significant difference among treatments ($p = 0.001$). Linear regression analysis demonstrated a significant positive relationship between incubation time and colony area across all treatments, with the equations: $Y = 0.52 + 63.47X$ ($R^2 = 0.784$) for 0% concentration, $Y = -21.35 + 34.91X$ ($R^2 = 0.6648$) for 5%, and $Y = -22.27 + 37.1X$ ($R^2 = 0.924$) for 10%. *Aspergillus* sp. was able to grow in all treatments; however, the ability of hydrolysate-based media to support growth, based on colony area, was still lower compared to standard PDA medium.

Keywords: *Aspergillus* sp., cellulose hydrolysate, *Gracilaria* sp. waste, alternative media, colony growth



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Media pertumbuhan merupakan komponen utama yang menentukan keberhasilan pertumbuhan fungi, karena media berfungsi sebagai penyedia nutrisi, sumber energi, serta lingkungan fisik yang mendukung aktivitas metabolisme mikroorganisme. Secara umum, media pertumbuhan dapat berupa media alami, semi-sintetik, maupun sintetik. Media standar seperti *Potato Dextrose Agar* (PDA) dan *Nutrient Agar* (NA) banyak digunakan karena kandungan nutrisinya relatif lengkap dan mendukung pertumbuhan berbagai jenis mikroorganisme (Novita dkk., 2025). Namun, penggunaan media komersial seringkali memerlukan biaya yang tidak sedikit, terutama dalam penelitian skala besar. Komposisi media, terutama ketersediaan sumber karbon, sangat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan koloni, pembentukan hifa dan miselium, serta kemampuan fungi untuk beradaptasi dan mendominasi suatu substrat (Umma dkk., 2025). Fungi sebagai organisme heterotrof memiliki kemampuan metabolik yang luas dan fleksibel, sehingga mampu memanfaatkan berbagai jenis bahan organik, baik dalam bentuk senyawa sederhana maupun senyawa kompleks (Sari dkk., 2014).

Seiring berkembangnya konsep bioteknologi berkelanjutan, pemanfaatan bahan baku alternatif sebagai media pertumbuhan mikroba mulai banyak dikembangkan. Media alternatif umumnya berasal dari limbah pertanian, limbah industri pangan, maupun biomassa lainnya yang masih mengandung nutrisi potensial. Penggunaan media alternatif tidak hanya menekan biaya produksi, tetapi juga mendukung prinsip pengelolaan limbah dan ekonomi sirkular. Salah satu biomassa yang berpotensi dimanfaatkan adalah limbah hasil pengolahan rumput laut (Sari dkk., 2020).

Dalam konteks pemanfaatan media alternatif, limbah organik menjadi salah satu sumber substrat yang banyak dikaji karena ketersediaannya melimpah dan masih mengandung nutrisi yang cukup tinggi. Salah satu limbah organik yang berpotensi dimanfaatkan adalah limbah alga *Gracilaria* sp. yang dihasilkan dari proses pengolahan agar-agar. Limbah ini selama ini lebih sering dianggap sebagai limbah tanpa nilai guna, padahal berbagai penelitian menunjukkan bahwa setelah proses ekstraksi agar, biomassa *Gracilaria* sp. masih mengandung selulosa dan polisakarida lain dalam jumlah signifikan. Kandungan selulosa pada limbah *Gracilaria* sp. dilaporkan berkisar antara 30–42% dari

berat kering, sehingga sangat berpotensi sebagai sumber karbon bagi mikroorganisme, termasuk fungi (Alamsyah dkk., 2024).

Alga *Gracilaria* sp. merupakan salah satu biomassa berlignoselulosa yang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber gula melalui proses hidrolisis. Kandungan selulosa dan pati pada biomassa ini dapat dikonversi menjadi gula sederhana yang bernilai guna tinggi, terutama sebagai sumber karbon dalam berbagai aplikasi bioteknologi. Proses hidrolisis pati dan selulosa menjadi gula dapat dilakukan melalui metode kimiawi, fisik, maupun enzimatik. Ketiga metode tersebut memiliki karakteristik yang berbeda dalam mekanisme pemutusan rantai polimer. Hidrolisis kimiawi dan fisik umumnya memutus rantai polimer secara acak sehingga berpotensi menghasilkan produk samping yang tidak diinginkan. Sebaliknya, hidrolisis enzimatik bekerja secara lebih spesifik karena enzim mampu mengenali dan memutus ikatan tertentu pada rantai polimer, sehingga prosesnya lebih terkontrol dan selektif (Nainggolan dkk., 2025). Proses hidrolisis ini menghasilkan produk berupa hidrolisat selulosa, yang diketahui mengandung komponen karbon yang lebih mudah dimanfaatkan oleh mikroorganisme (Idiawati & Rudiyanasyah, 2017). Hidrolisat selulosa dari limbah *Gracilaria* sp. telah dilaporkan mampu mendukung pertumbuhan mikroorganisme pada media kultur, termasuk pada media padat berbasis agar (Badria dkk., 2025).

Hidrolisat selulosa yang dihasilkan berpotensi dimanfaatkan sebagai media kaya gula. Media dengan kandungan gula tinggi sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme, terutama fungi, karena gula merupakan sumber karbon utama dalam metabolisme dan pembentukan energi. Media kaya gula dapat mendukung pertumbuhan koloni, pembentukan miselium, serta proses sporulasi fungi. Dengan demikian, hidrolisat selulosa dari limbah *Gracilaria* sp. berpotensi menjadi alternatif sumber karbon dalam media pertumbuhan mikroba (Sutini dkk., 2019).

Meskipun hidrolisat selulosa memiliki potensi sebagai sumber nutrisi alternatif, penggunaan media berbasis hidrolisat tidak terlepas dari permasalahan biologis berupa munculnya mikroorganisme kontaminan. Di antara berbagai mikroorganisme kontaminan, fungi merupakan kelompok yang paling sering muncul dan mendominasi media berbasis limbah biomassa. Hal ini disebabkan oleh kemampuan fungi dalam memanfaatkan berbagai jenis sumber karbon, termasuk gula sederhana hasil hidrolisis maupun sisa selulosa yang belum terdegradasi sempurna (Supriyanto & Susilowati, 2023). Selain itu, fungi mampu

menghasilkan enzim ekstraseluler seperti selulase, hemiselulase, dan pektinase, yang memungkinkan mereka menguraikan substrat kompleks secara bertahap dan memperluas area kolonisasi pada media (Hidayat & Isnawati, 2021). Pertumbuhan fungi kontaminan pada media berbasis hidrolisat sangat dipengaruhi oleh konsentrasi substrat karbon. Konsentrasi hidrolisat yang terlalu rendah dapat membatasi pertumbuhan fungi akibat keterbatasan nutrien, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi berpotensi menimbulkan tekanan osmotik, perubahan pH, atau ketidakseimbangan lingkungan mikro yang dapat menghambat pertumbuhan koloni (Anwar dkk., 2024).

Selama ini, sebagian besar penelitian mengenai hidrolisat limbah biomassa lebih menitikberatkan pada aspek pemanfaatan substrat atau pengendalian kontaminasi, tanpa mengkaji secara mendalam jenis dan laju pertumbuhan fungi kontaminan yang muncul. Padahal, identifikasi fungi kontaminan sangat penting untuk memahami karakteristik biologisnya, pola adaptasi terhadap media, serta potensi dominasi pada media alternatif berbasis limbah (Supriyanto & Susilowati, 2023). Oleh karena itu, masih terdapat celah penelitian yang perlu dikaji terkait identifikasi dan respons pertumbuhan fungi kontaminan terhadap variasi konsentrasi hidrolisat selulosa.

Hingga saat ini, penelitian mengenai pemanfaatan hidrolisat biomassa, termasuk yang berasal dari limbah alga *Gracilaria* sp., belum banyak difokuskan pada pemanfaatan substrat untuk mendukung proses bioproses seperti produksi bioetanol, enzim, dan produk fermentasi lainnya. Fokus utama penelitian-penelitian tersebut umumnya diarahkan pada mikroorganisme target, sementara keberadaan mikroorganisme kontaminan, khususnya fungi, cenderung diperlakukan sebagai faktor pengganggu tanpa kajian biologis yang mendalam (Putri dkk., 2021).

Di sisi lain, kajian yang membahas jenis fungi kontaminan serta respons pertumbuhannya pada media padat berbasis hidrolisat selulosa dari limbah alga *Gracilaria* sp. masih sangat terbatas. Media berbasis limbah biomassa yang mengandung gula terlarut dan fraksi selulosa diketahui dapat menciptakan kondisi lingkungan yang sangat mendukung kolonisasi fungi saprofit. Variasi konsentrasi hidrolisat selulosa berpotensi memengaruhi ketersediaan karbon, tekanan osmotik, serta karakteristik fisik media yang secara langsung berdampak pada laju pertumbuhan dan dominasi fungi kontaminan (Nugroho dkk., 2022).

Penelitian mengenai pemanfaatan limbah *Gracilaria* sp. sebagai bahan media pertumbuhan fungi sebelumnya telah dilakukan oleh Badria dkk. (2025). Penelitian tersebut

membandingkan pertumbuhan koloni *Colletotrichum* sp. pada media agar-agar yang diperkaya hidrolisat limbah *Gracilaria* sp. dengan konsentrasi 0%, 5%, dan 10%. Parameter yang digunakan berupa diameter koloni, sedangkan penelitian tersebut belum secara khusus mengkaji fungi kontaminan alami yang berasal dari limbah *Gracilaria* sp. serta belum melakukan formulasi media berdasarkan kebutuhan mineral fungi.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan fungi kontaminan yang diisolasi secara langsung dari limbah *Gracilaria* sp. dan mengamati respons pertumbuhannya pada media dengan konsentrasi hidrolisat selulosa 0%, 5%, dan 10%. Identifikasi fungi dilakukan berdasarkan karakteristik morfologi makroskopis sampai tingkat genus, sedangkan pertumbuhan koloni diamati berdasarkan perubahan luas koloni selama masa inkubasi. Pendekatan tersebut dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai kemampuan adaptasi fungi kontaminan terhadap perubahan konsentrasi hidrolisat selulosa.

Kebaruan lain dalam penelitian ini terletak pada penggunaan formulasi media semi-sintetik yang dilengkapi dengan CMC 0,5% serta unsur mineral berupa MgSO_4 0,175%, FeSO_4 0,25%, CuSO_4 0,1%, dan Na_2HPO_4 0,1%. CMC digunakan sebagai komponen berbasis selulosa dan sumber karbon tambahan, sedangkan unsur mineral ditambahkan untuk mendukung kebutuhan fisiologis serta aktivitas enzimatik fungi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya membandingkan konsentrasi hidrolisat, tetapi juga menggunakan formulasi media yang mempertimbangkan ketersediaan sumber karbon dan unsur mineral pendukung pertumbuhan fungi.

Berdasarkan penelusuran pustaka, kajian mengenai respons pertumbuhan fungi kontaminan alami dari limbah *Gracilaria* sp. pada media padat dengan variasi konsentrasi hidrolisat selulosa masih terbatas. Penelitian terdahulu umumnya lebih berfokus pada pemanfaatan mikroorganisme target, sedangkan fungi yang muncul secara alami lebih sering diperlakukan sebagai pengganggu proses tanpa dikaji karakteristik dan pola pertumbuhannya secara khusus (Putri dkk., 2021). Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai jenis fungi kontaminan, kemampuan adaptasinya, serta perbedaan pertumbuhannya pada media dengan konsentrasi hidrolisat selulosa yang berbeda.

Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan, belum terdapat penelitian yang secara spesifik menganalisis perbedaan laju pertumbuhan fungi kontaminan alami pada

media padat berbasis hidrolisat selulosa limbah *Gracilaria* sp. dengan variasi konsentrasi tertentu dibandingkan media PDA standar. Penelitian yang ada umumnya berfokus pada pemanfaatan mikroorganisme target dalam substrat hidrolisat, sementara kajian biologi terhadap fungi kontaminan yang muncul secara alami meliputi identifikasi genus dan respons laju pertumbuhan kolonialnya terhadap gradien konsentrasi hidrolisat belum pernah dilaporkan secara sistematis. Hal inilah yang menjadi novelty dan alasan utama dilaksanakannya penelitian ini.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka diperoleh suatu rumusan masalah yang meliputi:

- Apakah Fungi yang berasal dari limbah *Gracilaria* sp. sebagai kontaminan dapat tumbuh pada media PDA dengan berbagai konsentrasi hidrolisat selulosa ?
- Apakah terdapat perbedaan pertumbuhan fungi kontaminan pada media PDA dengan beberapa konsentrasi hidrolisat selulosa? ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan dilaksanakan penelitian ini untuk:

- Mengidentifikasi pertumbuhan fungi kontaminan limbah *Gracilaria* sp. pada media PDA dengan berbagai konsentrasi hidrolisat selulosa
- Menganalisis pertumbuhan fungi kontaminan pada media PDA dengan berbagai konsentrasi hidrolisat selulosa

1.4 Hipotesis Penelitian

- H_0 (Hipotesis nol):
Tidak terdapat perbedaan laju pertumbuhan fungi kontaminan antara media PDA dan media PDA hidrolisat selulosa 5% dan 10%.
- H_1 (Hipotesis alternatif):
Terdapat perbedaan laju pertumbuhan fungi kontaminan antara media PDA dan media PDA hidrolisat selulosa 5% dan 10%.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang dilakukan, manfaat yang diharapkan oleh peneliti pada penelitian ini yaitu :

- a) Memberikan kontribusi data ilmiah mengenai respons pertumbuhan fungi kontaminan selulolitik dari limbah *Gracilaria* sp. terhadap variasi konsentrasi hidrolisat.
- b) Menghasilkan informasi tentang konsentrasi hidrolisat selulosa optimal yang dapat menunjang laju pertumbuhan tertinggi fungi kontaminan. Data ini menjadi dasar untuk studi lebih lanjut mengenai karakterisasi metabolik fungi tersebut.

1.6 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap terfokus dan dapat menjawab rumusan masalah secara sistematis, maka ditetapkan batasan-batasan penelitian sebagai berikut:

- a) Objek kajian penelitian ini adalah fungi kontaminan yang diisolasi secara langsung dari limbah alga *Gracilaria* sp., dan tidak menggunakan galur murni komersial maupun isolat dari sumber lain. Pengamatan mencakup pertumbuhan dan identifikasi morfologi fungi kontaminan tersebut pada tiga jenis media perlakuan.
- b) Identifikasi fungi kontaminan dilakukan sebatas tingkat genus, berdasarkan karakteristik morfologi makroskopis, tanpa analisis molekuler seperti PCR atau sekuensing DNA.
- c) Variasi perlakuan media yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada tiga perlakuan, yaitu P0 (media PDA sebagai kontrol), P1 (media berbasis hidrolisat selulosa 5% v/v), dan P2 (media berbasis hidrolisat selulosa 10% v/v).
- d) Penelitian ini tidak membahas mekanisme biokimia atau genetik yang mendasari pertumbuhan fungi kontaminan, melainkan hanya menitikberatkan pada respons pertumbuhan terhadap variasi konsentrasi hidrolisat selulosa.
- e) Kondisi lingkungan selama penelitian dijaga dan tidak diperlakukan sebagai variabel, meliputi: pH media 5,5, suhu inkubasi 37°C.
- f) Perbandingan laju pertumbuhan fungi dilakukan hanya pada tiga perlakuan yang ditetapkan (P0, P1, P2), tanpa pengujian konsentrasi hidrolisat di luar 5% dan 10%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian tentang Variasi Konsentrasi Hidrolisat Selulosa Untuk Pertumbuhan Fungi Kontaminan Dari Limbah Alga *Gracilaria* sp. maka dapat disimpulkan :

Fungi kontaminan yang berhasil diisolasi dari limbah *Gracilaria* sp. dan karakteristik makroskopis sebagai *Aspergillus* sp. mampu tumbuh pada seluruh media yang mengandung hidrolisat selulosa dengan konsentrasi 0%, 5%, dan 10%. Pertumbuhan koloni *Aspergillus* sp. meningkat seiring bertambahnya waktu inkubasi pada semua perlakuan. Namun, laju pertumbuhan tertinggi, yang ditunjukkan oleh nilai luas koloni terbesar 159,20 mm², terdapat pada media kontrol (0%) dibandingkan dengan media yang mengandung hidrolisat selulosa.

Hasil analisis regresi linier antara waktu pertumbuhan *Aspergillus* sp. dan luas koloni menunjukkan adanya hubungan positif dan signifikan antara waktu inkubasi dan luas koloni fungi pada seluruh perlakuan ($p < 0,05$). Hasil uji One-Way ANOVA menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi hidrolisat selulosa limbah *Gracilaria* sp. berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan koloni *Aspergillus* sp. ($p < 0,05$). Secara keseluruhan, hidrolisat selulosa limbah *Gracilaria* sp. berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan media alternatif untuk pertumbuhan fungi, meskipun kemampuan mendukung pertumbuhannya masih lebih rendah dibandingkan media PDA standar.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji variasi konsentrasi hidrolisat limbah *Gracilaria* sp. dengan interval yang lebih sempit pada rentang 5–10%, guna memperoleh titik konsentrasi optimum yang paling efektif dalam menekan pertumbuhan fungi kontaminan tanpa mengurangi nilai ekonomis hidrolisat sebagai media alternatif.

Selain itu, identifikasi fungi perlu dilanjutkan hingga tingkat spesies melalui pendekatan molekuler, seperti sekuensing region ITS (Internal Transcribed Spacer) pada DNA ribosomal, mengingat pada penelitian ini identifikasi masih terbatas pada tingkat genus berdasarkan karakter morfologi. Pendekatan molekuler tersebut diharapkan dapat memberikan ketepatan identifikasi yang lebih tinggi serta mendukung pemahaman yang

lebih mendalam mengenai karakter fisiologis dan mekanisme adaptasi fungi terhadap substrat hidrolisat selulosa.



DAFTAR PUSTAKA

- Adini, M., Fadillah, R., & Nugraha, E. (2014). Hidrolisis selulosa dan aplikasinya dalam pertumbuhan mikroba. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 6(2), 88–97.
- Adini, S., Budiyo, S. A., & Hartati, S. (2013). Pemanfaatan limbah padat agar-agar dari rumput laut (*Gracilaria* sp.) sebagai bahan baku bioetanol. *Jurnal Reaktor*, 14(3), 232-237. <https://journal.uin.ac.id/REAKTOR/article/view/1000>
- Adini, S., Kusdiyantini, E., & Budiharjo, A. (2020). Produksi Bioetanol Dari Rumput Laut dan Limbah Agar *Gracilaria* sp. dengan Metode Sakarifikasi Yang Berbeda. *Jurnal Bioma*, 22(2), 79–88. *Ejournal Undip*
- Alamsyah, R. K., Mudiarta, I. W., & Budiyo, S. A. (2024). Pemanfaatan ampas rumput laut *Gracilaria verrucosa* sebagai sumber selulosa. *Jurnal Rekayasa Proses*, 18(1), 1–8. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rekayasaproses/article/view/58362>
- Andriani, D., dan Heriansyah, E. (2021). Identifikasi jamur dan bakteri kontaminan pada kultur jaringan tanaman. *E-Journal Agro*, 8(2), 45–52. <https://ejournal.unipas.ac.id/index.php/Agro/article/view/723>
- Anggoro, D. D., Purwanto, P., & Rispiani, R. (2014). HIDROLISIS SELULOSA MENJADI GLUKOSA DENGAN KATALIS HETEROGEN ARANG AKTIF TERSULFONASI. *Reaktor*, 15(2), 126-131. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/reaktor/article/view/8394>
- Anisah & Triastuti, R. (2015). Media Alternatif untuk Pertumbuhan Bakteri Menggunakan Sumber Karbohidrat yang Berbeda. *Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS*, 855–860. <https://eprints.ums.ac.id/38852/21/NASKAH%20PUBLIKASI.pdf>
- Anwar, Z., Setiawan, I., & Wulandari, R. (2024). Pengaruh variasi konsentrasi substrat karbon terhadap laju pertumbuhan mikroorganisme pada media alternatif. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 5(2), 19–38. <https://jurnal.unpad.ac.id/jthp/article/view/41267>
- Arini, L. D. D., Pramonodjati, F., & Weka, M. A. N. (2025). Identifikasi karakteristik mikroskopik dan makroskopik pada jamur *Rhizopus* sp., *Aspergillus* sp., dan *Penicillium* sp. *USADA Nusantara*, 4(1). <https://ejournal.nalanda.ac.id/index.php/usd/article/view/2150>
- Asanah, U., Prasetyo, E., & Rahmawati, D. (2025). Pengantar mikologi: Struktur dan peran fungi dalam ekosistem. *Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*, 9(1), 55–64. <https://journal.unisma.ac.id/index.php/jbpb>
- Atlas, R. M. (2010). *Handbook of microbiological media*. CRC Press. *Media/Atlas/p/book/978142009008* <https://www.routledge.com/Handbook-of-Microbiological>
- Badria, F., Syauqi, A., & Lisminingsih, R. D. (2025). Pertumbuhan *Colletotrichum* sp. pada media agar yang diperkaya hidrolisat limbah *Gracilaria* sp. *Jurnal Biologi Tropis Indonesia*, 7(1), 45–54. <https://journal.unisma.ac.id/index.php/jbti>

- Basarang, M., Rianto, M. R., & Arifuddin, M. (2016). Penambahan glukosa pada media bekatul agar untuk pertumbuhan *Aspergillus sp.* *Jurnal Medika*, 1(2), 1–7. <https://jurnal.poltekmu.ac.id/index.php/medika/article/view/110>
- Carlile, M. J., Watkinson, S. C., & Gooday, G. W. (2001). *The fungi*. Academic Press. <https://www.sciencedirect.com/book/9780127384450/the-fungi>
- Dae Neto, E., Ginting, Y., & Humaidah, R. (2022). Isolation and identification *Trichoderma* spp. from the rhizosphere of teak plant (*Tectona grandis*). *Journal of Scientech Research and Development*, 4(2), 522–527. <https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR/article/view/472>
- Dyah Sunaring Fitri (2014). Pengaruh Presentase Kombinasi *Gracilaria sp.* dan *Ulva reticulata* Sebagai Pakan Alami Terhadap Tingkat Kematangan Gond Abalon Tropis (*Haliotis asinina*). Skripsi Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya 2014. <https://repository.unair.ac.id/26334/1/FITRI%2C%20DYAH%20S.pdf>
- Fadhlullah, H., Prasetyati, S. B., Pudoli, I., & Lo, C. (2022). Preliminary economic potential evaluation of seaweed *Gracilaria* sp. biomass waste as bioindustry feedstock through a biorefinery approach: A case study in Karawang, Indonesia. *3BIO: Journal of Biological Science, Technology and Management*, 4(1), 42–53. <https://doi.org/10.31964/3bio.v4i1.60>
- Fahlevi, A., Supriyadi, S., & Widodo, A. (2024). Strategi Optimasi Media Cair dalam Perbanyak Kultur Kapang Dekomposer Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Efisiensi Produksi Biogas. *Jurnal Teknik Terapan*, 3(2), 35–41. *Jurnal Teknik Terapan POLIJE*
- Fauzi, A., & Lestari, P. (2023). Morphological responses of filamentous fungi to varying cellulose hydrolysate concentrations on solid media. *Journal of Microbial Physiology*, 29(1), 65–78.
- Ghazali, M., Saputra, H. I., Fitriani, F., Khair, G. A., & Soviani, S. (2025). Kandungan proksimat dan profil metabolit *Gracilaria* sp. Pantai Elak-Elak, Pulau Lombok. *Jurnal Samota Ilmu Perikanan*, 9(1), 18-25. <https://journal.unram.ac.id/index.php/samota/article/view/6842>
- Hakim, M. L., & Kurniatuhadi, F. (2020). Isolasi dan identifikasi kapang selulolitik penghasil enzim selulase. *Jurnal Biologi Tropis*. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jbt/article/view/30231>
- Hamdani, A.S.(2018). Pengaruh Konsentrasi Enzim Dan Waktu Hidrolisis Terhadap Rendemen Mikrokristalin Selulosa Dari Jerami Padi. *Skripsi*. Universitas Andalas:Padang.<http://scholar.unand.ac.id/32646/25/SKRIPSI%20ANNISA%20SURI%20HAMDANI%201311011053.pdf>
- Handoyo, D., Sutrisno, A., & Farida, R. (2024). Pemanfaatan limbah *Gracilaria sp.* sebagai media pertumbuhan jamur. *Jurnal Bioteknologi Indonesia*, 15(2), 101–115.
- Hapsari, N., Wicaksono, Y., & Pranoto, E. (2022). Potensi selulosa residu alga merah sebagai substrat bioteknologi. *Jurnal Bioteknologi Terapan*, 9(2), 77–85.

- Harahap, R. A., Siregar, E. S., & Lubis, Z. (2021). Karakteristik morfologi fungi dan mekanisme sporulasi. *Jurnal Mikologi Indonesia*, 5(1), 1–10.
<https://jurnal.uns.ac.id/mikologi>
- Harahap, T. D., Nurhayati, S., & Ginting, J. (2021). Trichoderma Indigenous Maluku: Karakteristik Morfologi dan Antagonismenya Terhadap Patogen Tanaman. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 9(2), 178-185.
<https://jkptb.ub.ac.id/index.php/jkptb/article/download/578/519/1659>
- Hasanah, U., Rusydi, A., & Puspita, M. (2025). Identifikasi Jamur *Aspergillus niger* Menggunakan Umbi Talas (*Colocasia esculenta* (L.) Shott) Sebagai Media Alternatif Pertumbuhan. *Jurnal Riset Ilmu Kesehatan*, 14(1), 21-27.
- Heirina, H., Kusnadi, J., & Ardiningtyas, T. R. (2020). Aktivitas antibakteri jamur endofit dari tanaman bakau (*Rhizophora mucronata*) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Penelitian Sains*, 22(1), 17–24.
<https://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/article/download/562/585>
- Hendricks, K. E., Christman, M. C., & Roberts, P. D. (2017). A statistical evaluation of methods of in-vitro growth assessment for *Phyllosticta citricarpa*: Average colony diameter vs. area. *PLOS ONE*, 12(1), e0170755.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170755>
- Herdiningrat, R. A., Mardawati, E., Putri, S. H., & Yuliani, T. (2020). Karakterisasi Bioetanol Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Metode Pemurnian Adsorpsi. *Jurnal Industri Pertanian*, 2(1), 113-123.
<https://jurnal.unpad.ac.id/justin/article/view/26188>
- Hidayat, M., & Isnawati. (2021). Isolasi dan karakterisasi fungi selulolitik dari substrat limbah lignoselulosa. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 10(2), B98–B104.
https://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/60631
- Hidayat, R. A., & Isnawati, I. (2021). Isolasi dan karakterisasi mikroorganisme selulolitik pada substrat limbah lignoselulosa. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 10(2), 176–187.
<https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/article/view/10921>
- Himmel, M. E., Ding, S. Y., Johnson, D. K., Adney, W. S., Nimlos, M. R., Brady, J. W., & Foust, T. D. (2007). Biomass recalcitrance: Engineering plants and enzymes for biofuels production. *Science*, 315(5813), 804–807.
<https://doi.org/10.1126/science.1137016>
- Idiawati, N., & Rudiyanasyah, R. (2017). Pengaruh konsentrasi asam pada hidrolisis selulosa. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 6(4), 51–58.
<https://journal.untan.ac.id/index.php/jkkmipa/article/view/22889>
- Ilfathoniyah, Aulia, Syauqi, A., & Ramadhan, M. (2025). Waktu fermentasi asam asetat oleh isolat *Acetobacter aceti* dalam substrat produk residu *Gracilaria sp.* *e-Jurnal Ilmiah SAINS ALAMI (Known Nature)*, 7(2), 31–36.
<https://doi.org/10.33474/j.sa.v7i2.18824>
- Jilani, S. B., Dev, C., Sharma, V., & Saini, P. (2023). Mechanism of furfural toxicity and metabolic strategies for microbial tolerance. *Microbial Cell Factories*, 22, 208.
<https://doi.org/10.1186/s12934-023-02219-x>

- Jönsson, L. J., Alriksson, B., & Nilvebrant, N. O. (2013). Bioconversion of lignocellulose: Inhibitors and detoxification. *Biotechnology for Biofuels*, 6, Article 16. <https://doi.org/10.1186/1754-6834-6-16>
- Kholidah, F. E., & Sulardjono, S. (2012). Pengaruh konsentrasi natrium hidroksida terhadap kualitas agar-agar dari rumput laut (*Gracilaria sp.*). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), 17-21. https://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/215
- Kim, D. (2018). Physico-chemical conversion of lignocellulose: Inhibitor effects and detoxification strategies. *Molecules*, 23(2), 309. <https://doi.org/10.3390/molecules23020309>
- Kurniawan, D., Setiawati, T., & Prakoso, A. (2020). Pemanfaatan limbah biomassa sebagai substrat alternatif mikroorganisme. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 12(2), 89–98.
- Kusnadi, H., Prakoso, A., & Wulandari, R. (2023). Pengukuran laju pertumbuhan fungi pada media padat. *Jurnal Biologi Tropika*, 11(1), 12–20.
- Legodi, P., Mudiarta, I. W., & Pratiwi, W. (2023). Isolasi Jamur Pengurai Selulosa pada Tanah Hu. *Jurnal Agro*, 12(1), 188-199. <https://jurnal.ulb.ac.id/index.php/agro/article/download/7374/4796>
- Leong, Y. K., Yang, F. C., & Chang, J. S. (2024). Proteins and bioactive peptides from algae: Insights into extraction, bioactivities, and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 144, 104331 .
- Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. Dalam I. Olkin (Ed.), *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling* (hlm. 278–292). Stanford University Press.
- Lyu, Q., et al. (2025). Effects of lignocellulosic biomass-derived hydrolysate inhibitors on microbial growth. *Fermentation*, 11(3), 121. <https://doi.org/10.3390/fermentation11030121>
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. (2018). *Brock biology of microorganisms*. Pearson. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/brock-biology-of-microorganisms/P200000006045>
- Mainassy, M. C. (2017). Pengaruh parameter fisika kimia perairan terhadap pertumbuhan dan produksi rumput laut (*Gracilaria sp.*) di perairan Pantai Desa Latta. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 19(2), 79-87. <https://doi.org/10.22146/jfs.28552>
- Malinti, P. E., Gerung, G. S., Rumampuk, N. D., Lasut, M. T., Kawung, N. J., & Angkouw, E. D. (2025). Ethanol extraction from fresh algae (*Gracilaria sp*) using various concentrations of hydrochloric acid solution in the hydrolysis process. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 13(3), 261–269. <https://doi.org/10.35800/jplt.13.3.2025.64852>
- Mawarni, N. I. I., Erdiansyah, I., & Wardana, R. (2021). Isolasi cendawan *Aspergillus sp.* pada tanaman padi organik [The isolation of fungus *Aspergillus sp.* on organic rice plant]. *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 5(1), 68–74. <https://agriprima.polije.ac.id>

- Meletiadis, J., Meis, J. F. G. M., Mouton, J. W., & Verweij, P. E. (2001). Analysis of growth characteristics of filamentous fungi in different nutrient media. *Journal of Clinical Microbiology*, 39(2), 478–484. <https://doi.org/10.1128/JCM.39.2.478-484.2001>
- Meletiadis, J., Mouton, J. W., & Verweij, P. E. (2001). Methods for the in vitro evaluation of antifungal combination therapies. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 47(4), 539–545. <https://doi.org/10.1093/jac/47.4.539>.
- Mubarak, A. S., Ozsahin, I., & Ozsahin, D. U. (2019). Evaluation of sterilization methods for medical devices. Dalam 3rd International Conference on Biomedical Engineering (hlm. 1-5). IEEE. <https://edumediasolution.com/society/article/download/137/66>
- Nainggolan, M., Situmorang, H., & Lubis, F. (2025). Metode analisis varian satu arah (One-Way ANOVA) dalam penelitian biologi. *Jurnal Penelitian Biologi Terapan*, 12(2), 101–112. <https://ejurnal.unimed.ac.id/index.php/jptb/article/view/2025>
- Nainggolan, D., Cintiya, S. H., Alfiet, R., Yanni S., & Muryanto (2025). Perlakuan Awal Makroalga *Gracilaria* Sp Menggunakan Deep Eutectic Solvent Untuk Produksi Glukosa. *Jurnal Teknik*. 19 (2): 569–574. <http://jurnal.polsri.ac.id/index.php/teknika>
- Novita, D. & Ardi, M., (2025). Isolasi dan Pertumbuhan Mikroba dari Tanah menggunakan Media Berbasis Ekstrak Singkong. *Jurnal Matematika, Ilmu pengetahuan Alam, Kebumihan dan Angkasa*, 5(3), 59–70. <https://journal.arimsi.or.id/index.php/Algoritma>
- Nugraha, N. I., Wibowo, S., & Widiyanto, A. (2020). Pengaruh variasi suhu dan waktu inkubasi terhadap aktivitas enzim selulase dari bakteri *Serratia marcescens*. *Jurnal Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 22(1), 1–8. <https://journal.ugm.ac.id/bioma/article/view/55312>
- Nugrahani, P., Lestari, E., & Widodo, S. (2021). Karakteristik residu rumput laut pasca ekstraksi agar. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(1), 55–63.
- Nugroho, P. A., Wicaksono, R., & Hartati, S. (2022). Respons pertumbuhan fungi pada media padat dengan sumber karbon kompleks. *Jurnal Biologi Udayana*, 26(1), 41–49. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jbiologi/article/view/79231>
- Nur, R. M., Abadi, P., & Fitriyah, F. (2023). Analisis kelayakan usaha budidaya rumput laut (*Gracilaria* sp.) di tambak Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan.
- Palmqvist, E., & Hahn-Hägerdal, B. (2000). Fermentation of lignocellulosic hydrolysates. II: Inhibitors and mechanisms of inhibition. *Bioresource Technology*, 74(1), 25–33. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00161-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00161-3)
- Paramita, N. P. R. (2021). Identifikasi jamur secara makroskopis dan mikroskopis. *Jurnal Bioshell*, 10(1), 25–31. <https://ejurnal.uji.ac.id/index.php/BIO/article/view/993>
- Passamani, F. R. F., Hernandez, T., Lopes, N. A., Bastos, S. C., Santiago, W. D., Cardoso, M. G., & Batista, L. R. (2014). Effect of temperature, water activity, and pH on growth and production of ochratoxin A by *Aspergillus niger* and *Aspergillus carbonarius* from Brazilian grapes. *Journal of Food Protection*, 77(11), 1947–1952. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-13-495>

- Perez, J., Munoz-Dorado, J., de la Rubia, T., & Martinez, J. (2002). Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin. *International Microbiology*, 5(2), 53–63. <https://doi.org/10.1007/s10123-002-0062-3>
- Prameswari, D., Lestari, R., & Hidayanto, A. (2020). Media pertumbuhan mikroorganisme dan pengaruh komposisi nutrien. *Jurnal Biologi Eksperimental*, 5(2), 78–86.
- Prayekti, R., & Fahira, N. (2023). Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jamur pada media agar. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, 11(1), 55–63.
- Putra, A. E., (2023). Sintesis Selulosa Asetat Dari Rumput Laut (*Gracilaria* Sp.) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Membran Untuk Meningkatkan Kualitas Air Di Daerah Pesisir. *Skripsi*, Universitas Hasanuddin: Makassar. https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/31026/1/H012211008_tesis_27-10-2023%20bab%201-2.pdf
- Putra, R. A., Suryani, A., & Mahendra, B. (2019). Selulosa sebagai sumber karbon mikroorganisme. *Jurnal Biologi Dasar*, 20(3), 145–152.
- Putranto, A., Wibowo, R., & Lestari, D. (2021). Potensi limbah biomassa sebagai media pertumbuhan fungi. *Jurnal Mikrobiologi Lingkungan*, 3(2), 58–66.
- Putri, A. D., Ramadhan, F., & Siregar, N. (2021). Karakterisasi hidrolisat alga merah (*Gracilaria* sp.) sebagai media pertumbuhan mikroorganisme. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan*, 4(2), 89–97. <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jkpt/article/view/10876>
- Putri, A. D., Ramadhan, F., & Siregar, N. (2021). Respon pertumbuhan fungi pada media agar dengan sumber karbon alternatif. *Jurnal Mikologi Indonesia*, 6(2), 54–62.
- Rahardjo, T., Kusuma, D., & Setyawan, E. (2022). Peran bahan pemadat terhadap ketersediaan nutrien media kultur. *Jurnal Bioteknologi Nusantara*, 10(1), 21–29.
- Rahmawan, D., Puspitasari, E., & Hadi, S. (2020). Pengembangan media alternatif berbasis limbah organik untuk pertumbuhan mikroorganisme. *Jurnal Sains Hayati*, 5(1), 34–42.
- Ramadhani, K., & Mustakim, A. (2025). Identifikasi mikroskopis jamur dari limbah Manihot esculenta. *Polygon: Jurnal Ilmu Komputer & IPA*, 3(4), 41–49. <https://journal.arimsi.or.id/index.php/Polygon/article/view/674>
- Ristiari, N. P. N., Marhaeni Julyasih, K. S., & Suryanti, I. P. (2017). Isolasi dan identifikasi jamur mikroskopis pada rizosfer tanaman jeruk Siam. *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha*, 6(1). <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/jjpb/article/view/21921>
- Rosa, L. P., Wahyuni, D., & Murdiah, S. (2020). Isolasi dan identifikasi fungi endofit tanaman suruhan. *Jurnal Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 22(1), 26–45. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/bioma/article/view/31240>
- Ruslaini. (2016). Kajian kualitas air terhadap pertumbuhan rumput laut (*Gracilaria verrucosa*) di tambak dengan metode vertikultur. *Jurnal Octopus: Jurnal Ilmu Perikanan*, 5(2), 478–484. <https://journal.unismuh.ac.id/index.php/octopus/article/view/2179>

- Safitri, D. A., Lestari, S., & Nugroho, A. (2024). Pengaruh konsentrasi substrat terhadap pertumbuhan kapang pada media alternatif berbasis limbah organik. *Jurnal Mikrobiologi Terapan Indonesia*, 6(1), 11–20.
<https://journal.itera.ac.id/jmti>
- Salsabila, N., Fauzan, M., & Pramudya, R. (2023). Media alternatif ramah lingkungan dalam kultur mikroorganisme. *Jurnal Biologi Terapan*, 11(1), 21–29.
- Sari, D. P., Armansyah, T., & Siregar, T. N. (2023). Uji efektivitas antibakteri ekstrak bawang putih (*Allium sativum*) terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. *Fakumi Medical Journal*, 3(11), 819–826.
<https://fmj.fk.umi.ac.id/index.php/fmj/article/view/416>
- Sari, D. P., Nugroho, T. T., & Lestari, R. (2014). Pertumbuhan fungi saprofit pada media berbasis limbah lignoselulosa. *Jurnal Biologi Indonesia*, 10(2), 145–153.
<https://journal.biologi.lipi.go.id/index.php/jurnalbiologiindonesia>
- Sari, D., Nugroho, T., & Lestari, R. (2014). Pengaruh senyawa penghambat terhadap pertumbuhan mikroorganisme pada hidrolisat biomassa. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(2), 101–110. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jtp/article/view/9782>
- Sari, Dwi Rahayu, Nurul Hidayati, dan Ahmad Fauzi. 2020. Pemanfaatan Limbah Rumput Laut sebagai Media Alternatif untuk Pertumbuhan Mikroba Fermentatif. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(2), 210–218.
- Sari, F. P., Hermiati, E., & Syamsu, K. (2014). Detoksifikasi hidrolisat asam jerami padi untuk produksi bioetanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*, 1(2), 46–55.
<https://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JBBI/article/view/1050>
- Sari, S. N., Syauqi, A., & Faisal. (2025). Pengaruh pemberian ekstrak terhadap jumlah bakteri pada media nutrisi. *Jurnal SAINS ALAMI (Known Nature)*.
<https://knownnat.unisma.ac.id>
- Siagian, H. S., Gultom, R. P. J., & Anggraeni, R. (2019). Modifikasi Alang-Alang Sebagai Filler Adsorben Logam Berat. Yogyakarta : Deepublish.
<https://repository.deepublish.com/media/publications/590149-modifikasi-alang-alang-sebagai-filler-ad-896e48cf.pdf>
- Sudiyani, Y., Kholida, B. T., Abimanyu, F., & Setyawati, D. V. (2010). Konsep biorefinery dalam pemanfaatan biomassa lignoselulosa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, 3(2), 85–92. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/JHTH/article/view/2884>
- Sukmawati, N., Arifin, Z., & Pratama, R. (2021). Karakteristik media padat dan cair dalam kultur mikroorganisme. *Jurnal Mikrobiologi Terapan*, 9(1), 33–41.
- Sulichantini, E. D., Dewi Nazari, A. P., & Nuansyah, B. (2024). Sebaran dan identifikasi kapang kontaminan udara pada ruang laboratorium kultur berbasis bahan organik. *Jurnal Biologi Sel dan Molekular Indonesia*, 2(1), 14–23.
<https://journal.ipb.ac.id/index.php/jbsm/article/view/2024sulich>
- Sulichantini, E. D., Dewi Nazari, F., & Nuansyah, B. (2020). Jenis-jenis kapang kontaminan pada media kultur berbasis bahan organik. *Jurnal Kultur Jaringan Tanaman*, 12(1), 33–41. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jkjt>

- Supriyanto, A., & Susilowati, E. (2023). Fungi kontaminan pada media berbasis hidrolisat biomassa dan implikasinya terhadap proses bioteknologi. *Jurnal Mikrobiologi Terapan Indonesia*, 5(1), 21–30. <https://journal.itera.ac.id/jmti>
- Supriyanto, T., & Susilowati, E. (2023). Pertumbuhan Fungi Selulolitik pada Media Berbasis Hidrolisat Limbah Alga dan Potensinya sebagai Kontaminan. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, 27(1), 1-10.
- Susanti, R., & Hidayat, S. (2022). Effect of cellulose hydrolysate on the growth morphology of *Aspergillus niger* isolated from *Gracilaria verrucosa*. *Journal of Mycology and Marine Biotechnology*, 14(2), 123–134.
- Sutini, Yohanita, R. W., Aida, N. R. (2019). Hidrolisis Lignoselulosa dari Agricultural Waste Sebagai Optimasi Produksi Fermentable Sugar. *Equilibrium*, 3(2), 59-68. <https://jurnal.uns.ac.id/equilibrium/article/view/42788>
- Syafrizal, R., Putri, Y. M. S. S., & Setiawan, D. P. M. F. A. D. (2021). Isolation and characterization of microcrystalline cellulose (MCC) from *Gracilaria sp.* waste. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1087(1), 012019. <https://iopscience.iop.org/article/full/10.1088/1757-899X/1087/1/012019>
- Syauqi, A., Saada, I., Trisna, A. T., & Rodiyanto. (2025). The cells growth of *Saccharomyces cerevisiae* in substrates of lignocellulosic hydrolysate-added hydrogen peroxide using turbidimetric method. *Teknologi Industri Pertanian*, 24(1), 1-10. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2014.24.1.1>
- Tjitrosoepomo, G. (1991). Taksonomi tumbuhan (*Schizophyta*, *Thallophyta*, *Bryophyta*, *Pteridophyta*). Gadjah Mada University Press. <https://ugmpress.ugm.ac.id/id/product/biologi/taksonomi-tumbuhan>
- Uju, U., Santoso, J., & Murdinah, M. (2020). Karakteristik fisika kimia agar-agar dari rumput laut *Gracilaria sp.* yang diolah dengan metode alkali. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 15(2), 167-178. <http://dx.doi.org/10.15578/jpbkp.v15i2.661>
- Umma, F. F., Syauqi, A., & Laili, S. (2025). Tingkat konsentrasi desinfektan sodium hipoklorit untuk coliform dan *E. coli* pada air Sungai Sumberawan Singosari Kabupaten Malang. *Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, 11(1), 1–8. <https://doi.org/10.33474/ejbst.v11i1.376>
- Utomo, M (2016). Ilmu Tanah: Dasar-Dasar Dan Pengelolaan. Jakarta: Kencana.
- Wahyuni, S., Nurhayati, N., & Prasetyo, B. (2020). Senyawa penghambat pada hidrolisat biomassa dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan mikroba. *Biogenesis*, 8(1), 45–54. <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/biogenesis/article/view/15942>
- Wahyuni, T. E., Ginting, B. N., & Khairunnisa, S. (2020). Toksisitas Senyawa Inhibitor (Furfural dan HMF) pada Hidrolisat Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(2), 65-72.
- Wang, Y., Wang, L., Liu, F., Wang, Q., Selvaraj, J. N., Xing, F., Zhao, Y., & Liu, Y. (2020). The influence of NaCl and glucose content on growth and ochratoxin A production by *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus carbonarius*, and *Penicillium nordicum*. *Toxins*, 12(9), 515. <https://doi.org/10.3390/toxins12090515>

- Wibowo, S. (2024a). Formulasi media kultur alternatif berbasis limbah organik. *Jurnal Teknik Terapan*, 3(2), 35–41. <https://journal.polije.ac.id/index.php/jtt/article/view/4921>
- Wibowo, S. (2024b). Optimasi Rasio C/N dan Suplementasi Nutrien dalam Formulasi Media Kultur Berbasis Limbah Pertanian. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*, 8(3), 100-110.
- Widodo, A., Handayani, S., & Mahendra, B. (2019). Agar sebagai bahan pematat dalam media kultur mikroorganisme. *Jurnal Sains Hayati*, 4(3), 145–152.
- Wijaya, A. R., Prasetyo, L. B., & Nurkholis, N. (2019). Osmotic stress response in filamentous fungi subjected to high substrate concentrations. *Indonesian Journal of Applied Microbiology*, 8(1), 45–54.
- Wucherpennig, T., Kiep, K. A., Driouch, H., Wittmann, C., & Krull, R. (2011). Morphology and rheology in filamentous cultivations. *Advances in Applied Microbiology*, 72, 89–136. [https://doi.org/10.1016/S0065-2164\(10\)72004-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2164(10)72004-9)
- Wulandari, A. P., Syamsu, K., & Hermiati, E. (2016). Karakterisasi inhibitor dalam hidrolisat asam biomassa lignoselulosa dan pengaruhnya terhadap fermentasi etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 26(2), 87-96. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/10745>
- Wulandari, Sri, Yonita Sholihatun Nisa, Taryono, Siwi Indarti, dan Rr. Rahmi Sri S. (2012). Sterilisasi peralatan dan media kultur jaringan. *Jurnal AgroBiogen*, 8(2), 45–52. <https://media.neliti.com/media/publications/114048-ID-sterilisasi-peralatan-dan-media-kultur-jaringan.pdf>
- Yastanto, A. J. (2020). Karakteristik pertumbuhan jamur pada media PDA dengan metode pour plate. *Indonesian Journal of Laboratory*, 2(2), 33–39. <https://jurnal.ugm.ac.id/ijl/article/view/54491>
- Yuliana, R., Santoso, B., & Kurniati, I. (2021). Pengaruh variasi konsentrasi sari pati buah sukun sebagai alternatif media semi sintetik pada pertumbuhan jamur *Candida albicans*. *Jurnal Teknologi Laboratorium Medis Borneo*, 1(2), 69-76. <https://jurnal.aiptlmi-iasmlt.id/index.php/joimedlabs/article/view/67>
- Yuniarti, S., Nugroho, P., & Laksmi, A. (2022). Konsistensi media agar dalam penelitian mikrobiologi eksperimental. *Jurnal Sains Laboratorium*, 8(1), 40–48.
- Zadorozhny, A. V., et al. (2025). Cellulases: key properties and industrial applications. *Microbial Biotechnology*, 18(2), 1–15.
- Zwietering, M. H., Jongenburger, I., Rombouts, F. M., & Van 't Riet, K. (1990). Modeling of the bacterial growth curve. *Applied and Environmental Microbiology*, 56(6), 1875–1881. <https://doi.org/10.1128/aem.56.6.1875-1881.1990>