

TUGAS AKHIR
PEMANFAATAN LIMBAH PERTANIAN
“JERAMI” UNTUK MEMPRODUKSI PLASTIK RAMAH
LINGKUNGAN BERUPA BIOPLASTIK

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



INTAN NURAENI
20513245

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024

TUGAS AKHIR
PEMANFAATAN LIMBAH PERTANIAN “JERAMI”
UNTUK MEMPRODUKSI PLASTIK RAMAH
LINGKUNGAN BERUPA BIOPLASTIK

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



INTAN NURAENI
20513245

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

NIK.185130401

Tanggal: Senin, 23 September 2024

TUGAS AKHIR
PEMANFAATAN LIMBAH PERTANIAN “JERAMI”
UNTUK MEMPRODUKSI PLASTIK RAMAH
LINGKUNGAN BERUPA BIOPLASTIK

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



INTAN NURAENI
20513245

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

NIK.185130401

Tanggal: Rabu, 16 Oktober 2024

Mengetahui,*
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D.

NIK.045130401

Tanggal: Rabu, 16 Oktober 2024

HALAMAN PENGESAHAN*

**PEMANFAATAN LIMBAH PERTANIAN “JERAMI”
UNTUK MEMPRODUKSI PLASTIK RAMAH
LINGKUNGAN BERUPA BIOPLASTIK**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari : Rabu
Tanggal : 16 Oktober 2024**

Disusun Oleh:

**INTAN NURAENI
20513245**

Tim Penguji :

Penguji 1 Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

Penguji 2 Annisa Nur Lathifah, S.Si, M.Biotech, M.Agr, Ph.D.

Penguji 3 Dr. Ir. Kasam, M.T.

()
()
()
16.10.2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, Rabu 16 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan,



Intan Nuraeni
NIM: 20513245

PRAKATA

Assalamualaikum Wr. Wb.

Penulis memanjatkan puji dan syukur sepenuhnya kepada Allah SWT yang senantiasa selalu memberikan hal luar biasa dan atas berkah serta rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang memiliki tujuan sebagai pemenuhan atas mata kuliah Tugas Akhir yang merupakan salah satu mata kuliah wajib bagi mahasiswa dengan Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dalam menyelesaikan status pendidikannya sebagai sarjana S-1. Penulis diberikan kesempatan untuk melaksanakan Tugas Akhir dengan judul yang dibawakan adalah **Pemanfaatan Limbah Pertanian “JERAMI” Untuk Memproduksi Plastik Ramah Lingkungan Berupa Bioplastik**. Tersusunnya laporan Tugas Akhir ini adalah tidak lepas dari dukungan dan bantuan semua pihak yang senantiasa membantu dan membimbing baik secara moril maupun materil. Oleh karena itu, izinkan penulis mengucapkan terimakasih kepada :

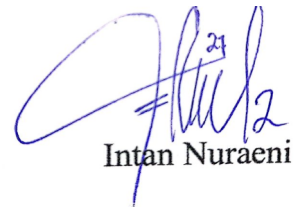
1. Kedua orang tua yang selalu mendoakan dari jauh dengan tulus selama kegiatan pelaksanaan Tugas Akhir berlangsung. Tugas akhir ini terinspirasi oleh mereka. Inspirator tertinggi saya adalah Ibu dan Bapak, salam cinta dan kasih untuk Ibu dan Bapak yang selalu mempercayai dan mendukung penuh anaknya ini.
2. Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. Dosen Pembimbing Akademis Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII, senantiasa memberikan dukungan luar biasa serta bimbingan dan arahan yang berharga selama penelitian berlangsung.
3. Annisa Nur Lathifah, S.Si, M.Biotech, M.Agr, Ph.D., sebagai Dosen Penguji Pertama Akademis Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII, selalu memberikan bimbingan dan arahan dengan sepenuh hati.
4. Dr. Ir. Kasam, M.T., sebagai Dosen Penguji Kedua Akademis Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII, terus membimbing dan memberikan arahan dengan penuh dedikasi.

5. Teman-teman saya yang memberikan banyak dukungan Nida Kamalia, Mba Indah, Intan Dewi Z, Isnaini H, Verda Cantika, Adfira Restiyana, Febrianti Kartika Chandra, Fachra Syifa, Puja Puteri, Laila anis, Rahmatia Due, Cici, Niken, Reva Sabrina, Nazmi, Heni, Annah, beserta teman saya lainnya yang tidak dapat saya sebutkan namanya.
6. Pihak Laboran Laboratorium Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Teknik Lingkungan, UII yang turut serta mendukung keberlangsungan Tugas Akhir ini.
7. Anak-anak PKL(Sintya, Anisa, & Juni) Laboratorium Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Teknik Lingkungan, UII yang turut serta mendukung keberlangsungan Tugas Akhir ini.
8. Mahasiswa TL UII angkatan 2020 yang selalu memberikan hal menarik dengan makna kekeluargaan yang luar biasa dan untuk banyak pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Saya menyadari dalam menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir **Pemanfaatan Limbah Pertanian “JERAMI” Untuk Memproduksi Plastik Ramah Lingkungan Berupa Bioplastik**. ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, saya selaku penulis laporan Tugas Akhir mengharapkan adanya kritik serta saran yang membangun. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 27 Juli 2024



Intan Nuraeni

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

INTAN NURAENI. Pemanfaatan Limbah Pertanian “JERAMI” Untuk Memproduksi Plastik Ramah Lingkungan Berupa Bioplastik. Dibimbing oleh DEWI WULANDARI S.Hut., M.Agr., Ph.D.

Plastik merupakan material yang sering digunakan oleh manusia karena serba guna dan praktis. Jumlah produksi sampah plastik yang sangat besar merupakan salah satu ancaman terhadap masalah lingkungan dan kesehatan manusia. Bioplastik merupakan plastik yang mudah terdegradasi. Penelitian ini bertujuan untuk mendukung pertanian berkelanjutan di Indonesia. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu preparasi bahan, pembuatan media, pembuatan kultur, pembuatan inokulum, delignifikasi, de-hemiselulosa, pembuatan bioplastik dengan metode inversi fasa dengan variasi metode pembuatan secara kimia (Pelarut Organik) dan biologi (*Fungi Trametes Versicolor*). Hasil analisis morfologi menunjukkan bahwa bioplastik yang terbentuk belum homogen dan pada analisis gugus fungsi, tidak ditemukan adanya gugus fungsi baru dalam bioplastik. Metode biologi menghasilkan kadar selulosa yang lebih tinggi (0,509 gram) dan kadar lignin yang lebih rendah (0,023 gram), sedangkan metode kimia menghasilkan kadar selulosa yang lebih rendah (0,361 gram) dan kadar lignin yang lebih rendah (0,005 gram). Dengan demikian, metode biologi lebih efektif dalam meningkatkan kadar selulosa dan mengurangi kadar lignin. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa selulosa dari limbah jerami padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan bioplastik yang mendukung pertanian lokal di Indonesia.

Kata kunci: Bioplastik, Jerami, Pertanian, Berkelanjutan.

ABSTRACT

INTAN NURAENI. *Utilization of Agricultural Waste “STRAW” to Produce Environmentally Friendly Plastic in the Form of Bioplastic.. Supervised by DEWI WULANDARI S.Hut., M.Agr., Ph.D.*

*Plastic is a material that is often used by humans because of its versatile and practical nature. The production of a large amount of plastic waste is one of the threats to environmental problems and human health. Bioplastic is a plastic that is easily degraded. This study aims to support sustainable agriculture in Indonesia. This study was conducted in several stages, namely material preparation, media preparation, culture preparation, inoculum preparation, delignification, de-hemicellulose, bioplastic production using the phase inversion method with variations in chemical (Organic Solvent) and biological (Fungi *Trametes Versicolor*) manufacturing methods. The results of the morphological analysis showed that the bioplastic formed was not homogeneous and in the functional group analysis no new functional groups were found in the bioplastic. The biological method produced higher cellulose content (0.509 grams) and lower lignin content (0.023 grams), while the chemical method produced lower cellulose content (0.361 grams) and lower lignin content (0.005 grams). Thus, the biological method is more effective in increasing cellulose content and decreasing lignin content. From the research results, it can be concluded that cellulose from rice straw waste can be used as a material for making bioplastics that support local agriculture in Indonesia.*

Keywords: Bioplastic, Straw, Agriculture, Sustainable.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	
ABSTRAK.....	
ABSTRACT.....	
DAFTAR ISI.....	
DAFTAR GAMBAR.....	1
DAFTAR TABEL.....	4
BAB I PENDAHULUAN.....	6
1.1 Latar Belakang.....	6
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Manfaat Penelitian.....	8
1.5 Hipotesis Penelitian.....	9
1.6 Ruang Lingkup.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Definisi dan Karakteristik Jerami.....	11
2.1.1 Selulosa.....	11
2.1.2 Hemiselulosa.....	12
2.1.3 Lignin.....	12
2.2 Bioplastik Material.....	13
2.2.1 Non-biodegradable.....	14
2.2.2 Biodegradable.....	15
2.2.3 Standar Sertifikasi Berbasis Bio.....	16
2.3 Jenis- jenis Produk Bioplastik.....	16
2.3.1 Kemasan Makanan.....	16
2.3.2 Aplikasi Pertanian.....	19

2.3.3 Aplikasi Medis.....	19
2.3.4 Aplikasi Industri Baru.....	20
2.4 Trametes Versicolor.....	20
2.5 Delignifikasi Menggunakan Pelarut Organik.....	20
2.6 De- Hemiselulosa.....	21
2.7 Pati Singkong.....	22
2.8 Polivinil Alkohol.....	22
2.9 ZnO.....	23
2.10 Plasticizer.....	24
2.11 Review Penelitian Terdahulu.....	24
2.11.1 Penelitian Terdahulu Metode Kimia.....	24
2.11.2 Penelitian Terdahulu Metode Biologi.....	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Waktu dan Lokasi.....	28
3.2 Alat dan Bahan.....	28
3.2.1 Pembuatan Bioplastik Metode Kimia.....	28
3.2.2 Pembuatan Bioplastik Metode Biologis.....	33
3.3 Prosedur Analisis Data.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
4.1 Hasil.....	48
4.1.1 Analisis Kadar Selulosa dan Lignin.....	48
4.1.2 Analisis FTIR.....	49
4.1.3 Analisis SEM(<i>Scanning Electron Microscopy</i>).....	51
4.1.4 Pengujian Ketahanan Air.....	53
4.1.5 Pengujian Kadar Air.....	54
4.1.6 Pengujian Kelarutan.....	55
4.1.7 Pengujian Densitas.....	56
4.1.8 Pengujian Kekuatan Tarik dan Mulur Bioplastik.....	56
4.1.9 Pengujian Ketebalan Plastik.....	57

4.2 Pembahasan.....	58
4.2.1 Perbandingan Metode Kimia dan Metode Biologi.....	58
4.2.2 Pembahasan Analisis Kadar Selulosa dan Lignin.....	62
4.2.3 Pembahasan Analisis FTIR.....	63
4.2.4 Analisis SEM(<i>Scanning Electron Microscopy</i>).....	65
4.2.5 Pembahasan Pengujian Ketahanan Air.....	65
4.2.6 Pembahasan Pengujian Kadar Air.....	66
4.2.7 Pembahasan Pengujian Kelarutan.....	67
4.2.8 Pembahasan Pengujian Densitas.....	68
4.2.9 Pembahasan Pengujian Kekuatan Tarik dan Mulur Bioplastik.....	69
4.2.10 Pembahasan Pengujian Ketebalan Plastik.....	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	72
5.1 Kesimpulan.....	72
5.2 Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA.....	74
LAMPIRAN.....	82

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Kimia Selulosa	10
Gambar 2.2 Jenis Bioplastik	12
Gambar 2.3 Polimer biodegradable yang berbeda dan bahan baku yang digunakan sesuai	14
Gambar 2.4 Fungi Trametes Versicolor	18
Gambar 3.1 Flowchart Preparasi substrat jerami padi	27
Gambar 3.2 Jerami Padi	27
Gambar 3.3 Substrat Jerami Padi	27
Gambar 3.4 Flowchart Delignifikasi Pelarut Organik	28
Gambar 3.5 Sokletasi Substrat Jerami	28
Gambar 3.6 Flowchart De-Hemiselulosa I	29
Gambar 3.7. Hidrolisis Substrat Jerami Padi	29
Gambar 3.8 Flowchart Pembuatan Bioplastik	30
Gambar 3.9 Substrat Jerami Padi (a), Asam Asetat (b), Pati Singkong (c), Homogenisasi dan Pemanasan (d), Pra-cetak film Bioplastik (e), dan Pencetakan Plat Kaca	31
Gambar 3.10. Jerami Padi	32
Gambar 3.11. Substrat Jerami Padi	32
Gambar 3.12 Flowchart Pembuatan Media PLA	33
Gambar 3.13. Media Potato Lignin Agar (PLA)	34
Gambar 3.14 Flowchart Pembuatan Kultur Fungi T. Versicolor	34
Gambar 3.15. Pembentukan Halozone	34
Gambar 3.16 Flowchart Pembuatan Inokulum Fungi	35
Gambar 3.17. Fermentasi Substrat Jerami	35
Gambar 3.18 Flowchart Delignifikasi Menggunakan Fungi T. Versicolor	36
Gambar 3.19. Fermentasi Substrat Jerami Hari ke-20	36
Gambar 3.20 Flowchart De-Hemiselulosa II	37
Gambar 3.21. Hidrolisis Substrat Jerami Padi	37

Gambar 3.22 Flowchart Pembuatan Bioplastik (II)	38
Gambar 3.23 Substrat Jerami Padi (a), Asam Asetat (b), Pati Singkong (c), Homogenisasi dan Pemanasan (d), Pra-cetak film Bioplastik (e), dan Pencetakan Plat Kaca	39
Gambar 3.24. Diagram Alir Analisis Data	40
Gambar 3.25 Flowchart Analisis Uji Kadar Selulosa dan Lignin	41
Gambar 3.26 Flowchart Analisis Uji Ketahanan Air	43
Gambar 3.27 Flowchart Analisis Uji kadar air	44
Gambar 3.28 Flowchart Analisis Uji Kelarutan.	44
Gambar 3.29 Flowchart Analisis Uji Densitas.	45
Gambar 4.1 Analisis Hasil FTIR Bioplastik Pembuatan Metode Kimia.	47
Gambar 4.2 Analisis Hasil FTIR Bioplastik Pembuatan Metode Biologi.	48
Gambar 4.3 Perbesaran 1000x Terlihat Granula (a), Perbesaran 2000x Terlihat Bercak Campuran Tidak Homogen (b), dan Perbesaran 3000x Terlihat Adanya Penumpukan Selulosa (c)	50
Gambar 4.4 Pembesaran 1000x Terlihat Penumpukan serat Selulosa (a), Pembesaran 2000x Terlihat Penumpukan serat Selulosa (b), dan Pembesaran 3000x Terlihat Penumpukan serat Selulosa (c)	51
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Analisa Metode Kimia dan Metode Biologi	57
Gambar 4.5 Grafik Analisis Kadar Selulosa dan Lignin.	60
Gambar 4.6 Grafik Analisis Uji Ketahanan Air	64
Gambar 4.7 Grafik Analisis Uji Kadar Air	65
Gambar 4.8 Grafik Analisis Uji Kelarutan	65
Gambar 4.9 Grafik Analisis Uji Densitas	66
Gambar 4.10 Grafik Analisis Uji Kekuatan dan Mulur	67
Gambar 4.11 Grafik Analisis Uji Ketebalan	68

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan antara polimer utama yang digunakan dalam industri makanan	15
Tabel 2.2 Aplikasi bioplastik utama dalam industri makanan	15
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu Metode Kimia	22
Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu Metode Biologi	24
Tabel 4.1 Analisis Kadar Selulosa dan Lignin Bioplastik	46
Tabel 4.2 Gugus Fungsi Hasil Analisis FTIR Bioplastik Metode Kimia	48
Tabel 4.3 Gugus Fungsi Hasil Analisis FTIR Bioplastik Metode Biologi	49
Tabel 4.4 Pengujian Ketahanan Air	52
Tabel 4.5 Pengujian Kadar Air	52
Tabel 4.6 Pengujian Kelarutan	53
Tabel 4.7 Pengujian Densitas	54
Tabel 4.8 Pengujian Kekuatan Tarik dan Mulur Bioplastik	55
Tabel 4.9 Pengujian Ketebalan Plastik	56
Tabel 4.10 Perbandingan Spesifikasi Parameter Uji dengan Standar Baku Mutu	57
Tabel 4.11 Perbandingan Metode Kimia dan Biologi	58
Tabel 4.12 Pembahasan Gugus Fungsi Hasil Analisis FTIR Bioplastik Metode Kimia	61
Tabel 4.13 Pembahasan Gugus Fungsi Hasil Analisis FTIR Bioplastik Metode Biologi	62
Tabel 4.12 Perbandingan Analisis Uji Kuat Tarik dan Mulur	67
Tabel 4.13 Perbandingan Analisis Uji Ketebalan.	69

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik adalah salah satu bahan yang sering digunakan oleh manusia karena keserbagunaannya dan praktis. Produksi plastik meningkat secara signifikan selama tujuh puluh tahun terakhir dan dianggap telah mencapai lebih banyak dari 365 juta ton pada tahun 2016. Plastik dibuat dengan menggunakan bahan utama yang berbeda, terbarukan dan sulit terurai (Thompson et al. 2009). Polimer dari plastik pada umumnya mengandung bahan tambahan seperti stabilisator, pigmen, dan komponen lain yang beracun seperti antioksidan, penghambat api, dan bahan peniup (Hahladakis et al. 2018). Jumlah produksi sampah plastik yang sangat besar merupakan salah satu ancaman terhadap masalah lingkungan dan kesehatan manusia. Bahkan, Plastik merupakan komponen utama dalam sampah perkotaan yang sulit terurai sehingga bisa bertahan hingga puluhan tahun. Sifat-sifat inilah yang menjadikan sampah plastik diperlukan manajemen yang memadai (Bayer et al., 2014). Pengembangan material baru yang inovatif dan ramah lingkungan sangat diperlukan mengurangi dampak negatif akibat penggunaan plastik. Bioplastik adalah plastik generasi baru sebagai pengganti plastik konvensional kedepannya agar dapat dikurangi timbulnya sampah plastik.

Bioplastik terbuat dari plastik dari bahan terbarukan dan alami mampu terdegradasi lebih cepat sehingga menjadi seperti itu ramah lingkungan (Kamsiati et al. 2017). Bioplastik dapat dibuat dengan menggunakan bahan yang berasal dari tumbuhan seperti selulosa (Mostafa et al. 2018). Selulosa punya kelebihan antara lain kuantitas melimpah, terbarukan, mudah terdegradasi alami (dapat terbiodegradasi), dan termoplastik (Isroi et al. 2017). Beberapa bahan alami dapat digunakan sebagai bioplastik, antara lain tandan kelapa sawit (Andahera et al. 2019), kulit jagung (Mahfud et al., 2020), kulit nangka (Raj dan Ranganathan, 2018), serta serat kapas (Mostafa et al., 2018). Hal ini menyebabkan plastik terdegradasi dalam waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan plastik konvensional yang memerlukan waktu berabad-abad untuk terdegradasi secara normal.

Jerami merupakan salah satu limbah yang dihasilkan pada saat pemanenan tanaman padi. Pada umumnya pemisahan antara batang dan gabah (beras) dilakukan secara tradisional. Setelah dipisahkan, jerami hanya ditumpuk di tengah sawah atau pinggir sawah dan dibiarkan begitu saja, panas dan hujan tanpa ada pengolahan sama sekali. Hal ini dapat menjadi kendala bagi petani untuk memulai produksi atau mengolah kembali lahannya. Jerami yang dibiarkan biasanya hanya dibakar saja. Pembakaran jerami biasanya dilakukan pada musim panas, setelah jerami menjadi kering dan mudah terbakar. Sebaliknya jika panen dilakukan pada musim hujan maka jerami yang tertinggal di sawah akan terendam air sehingga jerami tersebut akan membusuk dan sulit terbakar. Jerami biasanya dipindahkan ke pinggir sawah. Jerami yang basah akan mengeluarkan bau yang tidak sedap sehingga semakin sulit bagi petani untuk memusnahkannya. Proses mengeluarkan dan membuang jerami basah membutuhkan kerja keras dan rumit karena menimbulkan bau yang tidak sedap. Kondisi ini menjadi beban waktu dan tenaga serta sering menyebabkan tertundanya pengolahan sawah untuk penanaman berikutnya (Kaswarjono et al. 2019). Maka, untuk mengatasi permasalahan limbah jerami padi penerapan selanjutnya adalah diperlukannya upaya alternatif lain untuk menangani permasalahan limbah pertanian ini.

Berdasarkan karakteristik dari jerami padi itu sendiri, yakni mengandung selulosa 37,71%; 21,99% hemiselulosa; dan 16,62% lignin. Kandungan selulosa yang tinggi ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai cara, termasuk sebagai bahan bioplastik. (Pratiwi et al. 2016). Pemanfaatan bioplastik dari limbah pertanian berupa jerami dapat meningkatkan nilai tukar petani dan meningkatkan pendapatan petani di lapangan dengan memanfaatkan limbah pertanian yang sebelumnya tidak memiliki nilai ekonomi menjadi bahan baku pembuatan bioplastik yang memiliki nilai jual. Selain itu, penggunaan bioplastik ramah lingkungan dapat meningkatkan citra petani sebagai pelaku pertanian yang peduli lingkungan dan berkontribusi dalam pengurangan sampah plastik. Petani juga dapat memanfaatkan limbah pertaniannya sendiri sebagai bahan baku pembuatan bioplastik, sehingga meningkatkan efisiensi dan menambah nilai produk pertaniannya. Selain itu, pemerintah dapat memberikan insentif dan dukungan terhadap pengembangan industri bioplastik dari limbah pertanian, seperti pelatihan dan pendidikan, akses pasar, dan dukungan teknologi. Dengan demikian, pemanfaatan bioplastik dari jerami dapat memberikan alternatif

untuk meningkatkan nilai tukar petani dan berkontribusi dalam pengurangan sampah plastik dan meningkatkan keberlanjutan pertanian.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua metode delignifikasi yang berbeda untuk mendegradasi kandungan lignin pada jerami padi sebagai bahan baku bioplastik. Metode pertama adalah metode biologi yang menggunakan *Trametes versicolor*, yaitu jamur yang efektif dalam mendegradasi lignin. Metode kedua adalah metode kimia yang menggunakan pelarut organik N-Heksana dan Metanol untuk mendegradasi lignin. Kedua metode ini belum pernah dilakukan dalam penelitian sebelumnya, sehingga memberikan perspektif baru dalam upaya delignifikasi jerami padi untuk produksi bioplastik.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut ini merupakan rumusan masalah dalam penelitian ini, yakni :

- 1) Bagaimana karakteristik bioplastik yang berbahan dasar dari limbah jerami ?
- 2) Bagaimana perbandingan efektivitas metode biologi dan kimia dalam pengolahan jerami untuk pembuatan bioplastik, dengan fokus pada karakteristik fisikokimia dan keberlanjutan produk?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini merupakan tujuan dalam penelitian ini, yakni :

- 1) Menganalisis karakteristik bioplastik dari bahan dasar jerami padi.
- 2) Mengambil perbandingan parameter uji dari bioplastik yang menggunakan proses metode biologi dan kimia dalam pengolahan jerami menjadi bioplastik.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut ini merupakan manfaat dalam penelitian ini, yakni :

1. Penelitian ini memiliki dampak terhadap upaya meminimalkan sampah plastik konvensional.
2. Penelitian ini mengarah pada pengembangan bahan baku yang berkelanjutan.
3. Penelitian ini menghasilkan output yang dapat didaur ulang dan terurai secara alami.
4. Penelitian ini memberikan dukungan terhadap pertanian lokal di Indonesia.

1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah bahwa penggunaan jerami padi sebagai bahan baku untuk pembuatan bioplastik memiliki potensi besar untuk menghasilkan plastik ramah lingkungan dan membuka peluang baru sebagai sumber penghasilan bagi para petani. Berikut merupakan penjelasan terkait hipotesis penelitian, yakni :

1. Jerami padi sebagai bahan baku: Hipotesis ini didasarkan pada penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa jerami padi memiliki komponen yang dapat diubah menjadi polimer, salah satu bahan dasar pembuatan plastik. Jerami padi adalah limbah pertanian yang melimpah dan kurang dimanfaatkan secara optimal, sehingga potensinya sebagai sumber bahan baku perlu dieksplorasi lebih lanjut.
2. Pembuatan bioplastik ramah lingkungan: Berdasarkan penelitian yang ada, diketahui bahwa plastik konvensional dari minyak bumi memiliki dampak lingkungan yang serius. Oleh karena itu, pengembangan bioplastik dari bahan alami seperti jerami padi memiliki potensi untuk mengurangi jejak karbon dan limbah plastik di lingkungan.
3. Peluang baru bagi petani: Jika jerami padi dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk bioplastik, hal ini dapat membuka peluang baru bagi para petani sebagai sumber penghasilan tambahan. Petani yang sebelumnya hanya mengandalkan penjualan hasil panen utama mereka (beras) kini dapat memanfaatkan limbah pertanian mereka untuk tujuan ekonomis yang berkelanjutan.
4. Dukungan keberlanjutan: Hipotesis ini juga didasarkan pada tren global menuju keberlanjutan dan kesadaran akan perlunya solusi plastik yang ramah lingkungan. Seiring dengan meningkatnya permintaan pasar untuk produk-produk ramah lingkungan, penggunaan bioplastik dari jerami padi dapat menjadi alternatif yang menarik secara ekonomis dan ekologis.

Dengan demikian, hipotesis ini menyarankan bahwa penelitian lebih lanjut tentang potensi jerami padi sebagai bahan baku untuk bioplastik dapat menghasilkan hasil yang menguntungkan secara ekonomis dan lingkungan.

1.6 Ruang Lingkup

Berikut ini merupakan manfaat dalam penelitian ini, yakni :

1. Penelitian ini mencakup perbandingan antara metode biologi (menggunakan *fungi Trametes versicolor*) dan metode kimia dalam pengolahan jerami untuk pembuatan bioplastik.
2. Penelitian akan mengevaluasi karakteristik fisikokimia seperti kadar selulosa, lignin, ketahanan air, kadar air, kelarutan, serta aspek keberlanjutan produk.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi dan Karakteristik Jerami

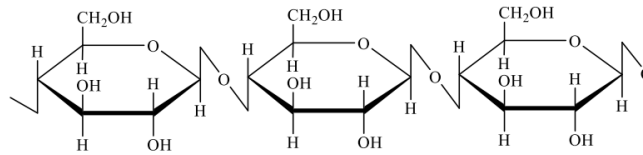
Jerami padi, merupakan salah satu bahan serat alam yang melimpah di Indonesia, mencerminkan peran penting Indonesia sebagai negara penghasil beras terbesar ketiga di dunia dan Jerami juga merupakan limbah hasil pengolahan padi, yang terdiri atas daun, batang, dan tangkai. Berdasarkan data dari *Food and Agricultural Organization* (FAO) tahun 2019, produksi beras Indonesia mencapai sekitar 54,6 juta ton, menjadikannya negara penghasil beras terbesar ketiga setelah China dan India. Dengan produksi padi yang melimpah, jumlah jerami yang dihasilkan sebagai limbah pertanian juga berbanding lurus dengan kuantitas beras. Berdasarkan perhitungan perbandingan antara residu dan hasil, total jerami padi di Indonesia adalah 54,6 juta ton dikalikan 1,4 yaitu sekitar 76,4 juta ton, lebih berat dari jumlah beras. Dari jumlah yang besar tersebut, sampai saat ini bahan jerami padi belum dimanfaatkan secara optimal, sebagian besar petani masih memilih membakar jerami dan sisanya diberikan atau dijual murah untuk pakan ternak. Proses pembakaran jerami pada dasarnya dapat menghasilkan pencemaran udara (CO_2 , NO_2 , SO_2), menimbulkan gangguan kesehatan bagi petani dan masyarakat serta menghilangkan unsur hara dari tanah. (Purwandaru et al. 2021).

Jerami padi adalah bagian batang dan tangkai tanaman padi setelah gabah dipanen. Jerami padi mengandung 37,71% selulosa; 21,99% hemiselulosa; dan kandungan lignin 16,62%. Selulosa cukup tinggi untuk dimanfaatkan dalam berbagai hal, termasuk sebagai bahan bioplastik. Selulosa merupakan biopolimer yang dapat diperoleh dari produk pertanian. Polimer pertanian memiliki sifat termoplastik sehingga berpotensi untuk dibentuk atau dibentuk menjadi film kemasan. Kelebihan polimer jenis ini adalah tersedia sepanjang tahun (*renewable*) dan mudah dimusnahkan secara alami (*biodegradable*). Berdasarkan hal tersebut maka polimer jenis ini dapat digunakan sebagai bahan bioplastik yaitu plastik yang dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme menjadi senyawa yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, selulosa berpotensi sebagai bahan bioplastik. (P. Rimadani et al. 2016)

2.1.1 Selulosa

Selulosa adalah polimer utama merupakan senyawa dominan. Selulosa adalah senyawa polimer linier yang terdiri dari Unit berulang β -D-Glukopiranos. Selulosa

mempunyai gugus fungsi aktif dalam rantai tersebut selulosa yaitu tiga gugus aktif HO-6 Primer dan HO-2, HO-3 sekunder pada setiap unit glukosa yaitu unit β -D Glukopiranos. (Kunusa,W.R.2017).



Gambar 2.1. Struktur Kimia Selulosa
(Kunusa,W.R.2017)

2.1.2 Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah polisakarida yang membentuk dinding sel tumbuhan dan mengikatnya bersama-sama dengan selulosa dan lignin. Hemiselulosa termasuk dalam kelompok serat tidak larut dalam air. Hemiselulosa untuk Tumbuhan berfungsi memperkuat dinding sel tanaman dan sebagai cadangan makanan tanaman. (Sarijowan et al. 2022)

Hemiselulosa , penyusun kayu penting kedua, juga merupakan polimer gula. Berbeda dengan selulosa, yang hanya terbuat dari glukosa, hemiselulosa terdiri dari glukosa dan beberapa gula larut air lainnya yang dihasilkan selama fotosintesis. Pada hemiselulosa, tingkat polimerisasinya lebih rendah karena hemiselulosa tersusun atas molekul yang lebih pendek dibandingkan selulosa. Mereka menyumbang 20–35% dari berat kering kayu. Ada banyak jenis hemiselulosa dan komposisinya sangat berbeda pada kayu lunak dan kayu keras. Secara umum, hemiselulosa mempunyai proporsi yang relatif lebih besar pada kayu keras dibandingkan pada kayu lunak. (Jamal M. Khatib, 2009).

2.1.3 Lignin

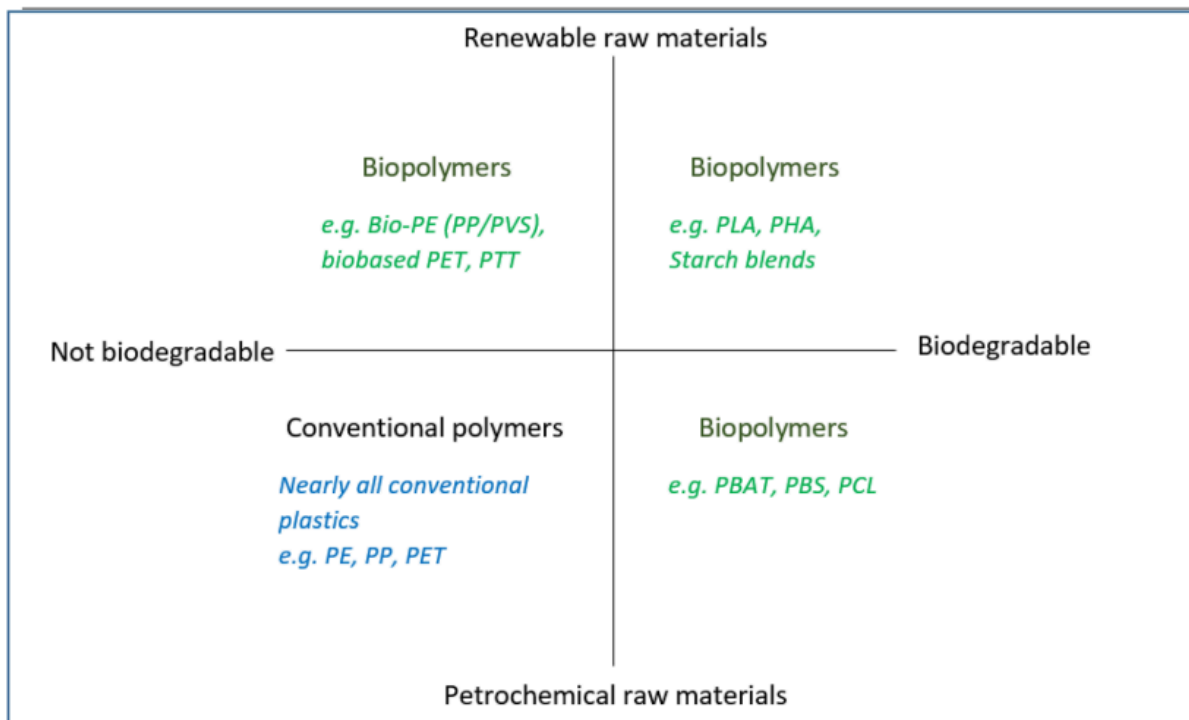
Kata “ lignin ” berasal dari istilah latin lignum yang berarti kayu. Lignin adalah polimer alami yang terdapat pada tumbuhan dan jaringan pembuluh darah, terutama dari angiospermae dan gymnospermae, membantu mengangkut air dan nutrisi, melindungi terhadap mikroorganisme, dan meningkatkan ketahanan mekanis tanaman. Fungsinya untuk membentuk lamela tengah yang merekatkan serat-serat satu sama lain. Lignin dianggap sebagai makromolekul dan biopolimer terbanyak kedua di lingkungan, kedua setelah selulosa, dan terdapat dalam kayu sebagai

jaringan polimer amorf dan tiga dimensi. Kehadirannya pada tumbuhan dapat bervariasi dari 15% hingga 30% tergantung pada spesiesnya. Lignin merupakan zat amorf dan mempunyai sifat aromatik serta struktur yang kompleks. Lignin dapat menjadi sumber alternatif benzena yang saat ini diperoleh dari minyak bumi, dan masih dapat digunakan sebagai bahan baku industri polimer dan turunan lainnya dalam industri kimia. (Anuj Kumar et al. 2023.).

2.2 Bioplastik Material

Berdasarkan penelitian Coppola et al. 2021, Plastik adalah rantai polimer yang terdiri dari unit berulang atau monomer yang dihubungkan bersama. Makromolekul ini secara konvensional disintesis melalui reaksi polimerisasi, polikondensasi, dan poliadisi dari sumber fosil. Ketertarikan pada bahan *biodegradable* yang kompetitif tumbuh untuk membatasi pencemaran lingkungan dan masalah pengelolaan limbah. Bioplastik adalah generasi plastik baru, didefinisikan sebagai plastik yang berasal dari sistem biologis dan diproduksi dari bahan baku terbarukan atau oleh berbagai mikroorganisme. Karena mereka secara signifikan mengurangi dampak lingkungan dalam hal efek rumah kaca dan konsumsi energi, mereka merupakan tantangan untuk masa depan yang lebih hijau. Memiliki sifat yang berbeda-beda, bahan bioplastik tergolong kelas disaring dalam tiga kelompok utama, Yakni :

- Plastik berbasis *biodegradable* atau sebagian berbasis *biopolymers*
- Plastik berbasis *biopolymers* dan *biodegradable*
- Sumber daya fosil dan Plastik *biodegradable*



Gambar 2.2 Jenis Bioplastik

Sumber : Coppola et al. 2021

2.2.1 Non-biodegradable

Sebagian besar pasar bioplastik saat ini tidak dapat terurai secara hayati yang menciptakan masalah untuk pengelolaan limbah. Termasuk plastik berbasis bio/sebagian berbasis bio PE dan PP drop-in berbasis bio, *polyethylene terephthalate* (PET), dan kinerja teknis polimer berbasis bio, seperti sebagai *polytrimethylene terephthalate* (PTT) atau *Thermoplastic polyester elastomers* (TPC-ET), serta PA berbasis bio. Bioplastik *non-biodegradable* ini berasal dari sumber daya alam terbarukan, yaitu dari bio massa tanpa memiliki sifat biodegradasi. Yang terakhir ini sebagian besar terbentuk di Brasil, di mana mereka memproduksi bioetanol dari tebu melalui jalur fermentasi. Bio Polietilena juga diproduksi dari bioetanol, seperti bioplastik umum lainnya: *polietilen tereftalat* (bio-PET), *bio-PP* atau *polipropilena* (bio-PVC), *polivinil klorida* (bio PVC), dan *bio-PET*. (Rahman and Bhoi, 2021).

Bio-PE, bio-PET, dan bio-PA saat ini mewakili 40% sekitar 0,8 juta ton kapasitas produksi bioplastik global. Dalam beberapa tahun terakhir ini, fokus telah bergeser pada *polyethylene furoate* (PEF), polimer baru yang diperkirakan akan memasuki pasar komersial pada tahun 2023. Polimer baru ini sebanding dengan PET,

tetapi sepenuhnya berbasis bio dan memiliki sifat penghalang yang unggul, yang menjadikannya bahan yang optimal untuk botol minuman. (Coppola et al. 2021)

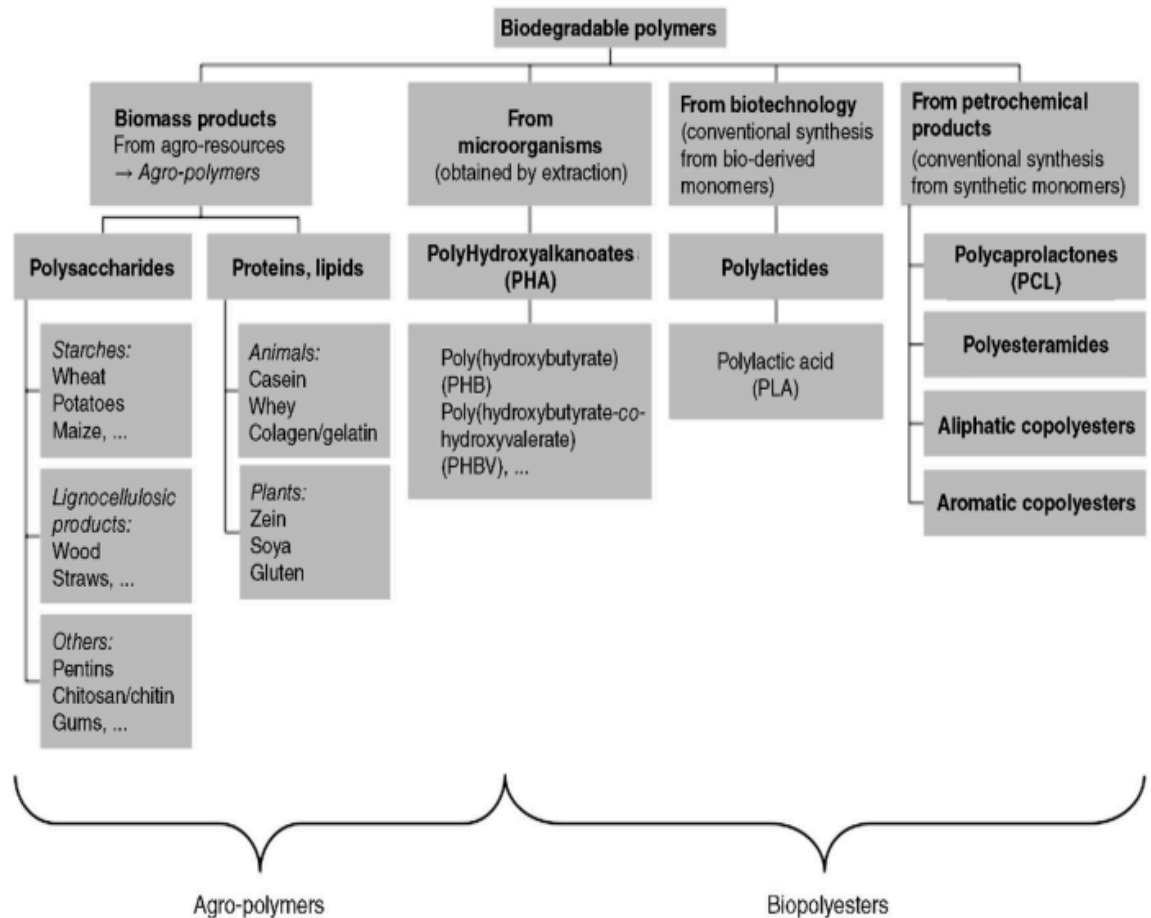
2.2.2 Biodegradable

Plastik yang dapat terurai secara hayati dan berbasis hayati, berasal dari sumber daya alam terbarukan, menunjukkan sifat biodegradasi pada tahap tertentu. Kelompok ini termasuk pati yang dimodifikasi secara termoplastik serta polimer *biodegradable* lainnya seperti *polihidroksialkanoat* (PHA), *polilaktida* (PLA), dan *polibutilena suksinat* (PBS). Mereka sebagian besar diproduksi dari gula atau *lipid* oleh bakteri karena PHA mewakili produk bakteri intraseluler. Sekitar 250 jenis bakteri membantu menghasilkan PHA. Jadi, bioplastik ini dikumpulkan dengan penghancuran bakteri dan kemudian dipisahkan dari materi sel mikroba. Selain itu, PHA memiliki karakteristik penghalang yang baik dan menarik dalam aplikasi biomedis yang berbeda. Mereka juga memiliki spesifikasi standar dari keteruraian laut, yaitu ASTM D7081 (Meereboer et al. 2020).

PHA memiliki atribut yang berbeda: sepenuhnya dapat terurai secara hayati baik di air atau bahkan di tanah ; ketahanan yang baik serta kemampuan cetak terhadap minyak dan lemak; sampai suhu 120 °C. Selain itu, PHA berasal dari limbah pertanian dan makanan, seperti dedak gandum, sekam padi, kulit kentang, kulit mangga, jerami dan ampas tebu. Mereka menurunkan tingkat yang berbeda di media yang berbeda. Jadi, seperti yang terlihat dalam kasus PHA, secara umum, sifat biodegradabilitas dapat langsung berhubungan dengan struktur polimer dan dengan demikian dapat diuntungkan dengan aplikasi khusus, khususnya dalam hal pengemasan. PCL adalah *polyester biodegradable* yang memiliki titik leleh sangat rendah (~60 °C). Ini memiliki aplikasi umum dalam biomedis, yang meliputi struktur bedah. Dalam menyatakan suatu bahan yang dapat terdegradasi diperlukan spesifikasi standar dan beberapa bahan tentang jangka waktu, jumlah biodegradasi, serta kondisi lingkungan. Dengan demikian, EUBP berfokus pada klaim kompatibilitas yang lebih eksplisit dan referensi standar (Gowda dan Shivakumar, 2014).

2.2.3 Standar Sertifikasi Berbasis Bio

Istilah "berbasis bio" mengacu pada bahan yang berasal dari massa bio. Biomassa yang paling umum untuk penggunaan bioplastik adalah, misalnya, jagung, tebu, dan selulosa. Plastik berbasis bio memiliki keunggulan yang luar biasa dibandingkan bahan plastik pada umumnya yaitu dapat mengurangi ketergantungan pada sumber daya fosil, sehingga mengurangi jumlah emisi gas rumah kaca.



Gambar 2.3 Polimer *biodegradable* yang berbeda dan bahan baku yang digunakan sesuai

Sumber : Coppola et al. 2021

2.3 Jenis- jenis Produk Bioplastik

2.3.1 Kemasan Makanan

Salah satu aspek penting yang perlu dipertimbangkan ketika mengembangkan jenis bahan ini adalah bahwa produk makanan yang beragam membutuhkan fitur

kemasan yang berbeda, sehingga diperlukan pengembangan banyak teknologi, seperti *multilayer flm*, pengemasan suasana yang dimodifikasi, dan pengemasan yang cerdas dan aktif. Salah satu fitur utama yang diminta untuk pengemasan makanan adalah pelindung dari air dan oksigen. Meskipun tidak sulit untuk mengembangkan lapisan sintetik multikomponen berbasis bio untuk bertindak sebagai penghalang, hal ini muncul sebagai kerugian, kesulitan untuk opsi daur ulang, selama daur ulang itu sendiri dapat dipraktikkan untuk bahan komponen tunggal. Isu utama polimer berbasis bio dalam industri makanan *coba feld* adalah harganya yang relatif tinggi daripada plastik konvensional dan fitur penghalang air yang kurang ideal, tetapi untuk menyebutkan bahan yang paling banyak diterapkan di *feld* ini, berbahan dasar pati (Jabeen et al. 2015).

Tabel 2.1 Perbandingan antara polimer utama yang digunakan dalam industri makanan

Sumber : (Coppola et al. 2021).

Polimer	Permeabilitas kelembaban	permeabilitas Oksigen	Peralatan Mekanis
Berbasis Bio			
Selulosa (CA) asetat	Sedang	Tinggi	Sedang
Pati/polivinil alkohol	Tinggi	Rendah	Memuaskan
Protein	Tinggi- sedang	Rendah	Memuaskan
Selulosa/selofan	Tinggi- sedang	Sangat Tinggi	Memuaskan
Polihidroksialkanoat (PHA)	Rendah	Rendah	Memuaskan
Polihidroksi Butirat / valerat (PHBA)			
Polilaktat	Sedang	Tinggi- sedang	Memuaskan
Sintesis			
Polietilen densitas rendah	Rendah	Sangat Tinggi	Sedang baik
Polistirena	Tinggi	Sangat Tinggi	Rendah-Sedang

Tabel 2.2 Aplikasi bioplastik utama dalam industri makanan

Sumber : (Coppola et al. 2021).

Aplikasi	Biopolimer	Perusahaan/Pengguna
PLA		
Kopi & Minuman lain	Karton dan cangkir dengan lapisan PLA	KLM
Minuman	Cangkir dibuat dengan PLA	Masburger (JP)
Salad segar	Mangkuk dibuat dengan PLA	McDonald's
Air berkarbonasi, jus dan minuman susu	Botol Cangkir dibuat dengan PLA	Biota, mulia
Buah potong segar, sayuran, produk roti	Baki dan kemasan dibuat dengan PLA	Asda
Pretzel organik, keripik kentang	Tas dibuat dengan PLA	Snyder's of Hanover, PepsiCo's, Frito-lay
Roti	Kantong kertas dengan mangkuk	Delhaize
Unggas organik	Jendela PLA dengan PLA	Delhaize
Berbasis pati	Bantalan penyerap	
Susu coklat	Nampan tepung jagung	Kelompok makanan Cadbury, Marks dan Spencer
Tomat Organik	Kemasan berbahan dasar jagung	Supermarket Iper (Italia), coop di Italia
Berbasis Selulosa		
Kiwi	Baki berbasis bio dibungkus sedikit atau selulosa film	Wal-mart
Keripik kentang	Selulosa metalisasi film	Ngarai Batu
Pasta organik	Kemasan berbahan dasar selulosa	Birkel
Permen	Selulosa metalisasi film	Jalan Berkualitas, Thom ton

Jenis makanan yang berbeda memerlukan fitur yang berbeda, perbedaan berdasarkan tipologi makanan dengan ini diadopsi untuk memberikan pandangan yang komprehensif.

2.3.2 Aplikasi Pertanian

Aplikasi pertanian dari bioplastik berbasis PHA terbatas pada jaring, kantong tumbuh, dan lapisan mulsa. Jaring berbahan dasar bioplastik adalah alternatif dari polietilen densitas tinggi, yang secara tradisional digunakan untuk meningkatkan kualitas dan hasil tanaman serta melindunginya dari burung, serangga, dan angin. Tas tumbuh, dikenal juga sebagai tas penanam atau tas bibit, umumnya terbuat dari polietilen densitas rendah. Sebaliknya, kantong tumbuh berbasis PHA akan dapat terurai secara hayati, ramah akar, dan tidak beracun bagi badan air di sekitarnya. Terakhir, bioplastik dalam mulsa sangat penting untuk mempertahankan struktur tanah yang luar biasa, mempertahankan kelembaban, mengendalikan gulma, dan mencegah kontaminasi, sebagai pengganti plastik berbasis fosil (El-malek et al. 2020) .

2.3.3 Aplikasi Medis

Kemajuan dalam aplikasi biomedis plastik *biodegradable* mengarah pada pengembangan sistem pengiriman obat dan perangkat terapi untuk rekayasa jaringan, seperti implan dan perancah (Narancic et al. 2020). Polimer memainkan peran penting dalam banyak aplikasi medis dan biomedis. Felds ini dapat memanfaatkan selulosa sebagai bioplastik hijau utama. Berkat *nontoksisitas*, *nonmutagenisitas*, dan *biokompatibilitasnya*, selulosa telah dipelajari secara mendalam untuk implan, jaringan, dan rekayasa saraf, dan bidang farmasi (Picheth, et al. 2017).

Biokompatibilitas PHA membuatnya ideal untuk aplikasi medis, seperti deteksi kanker, pembalut penyembuhan luka, perawatan ulkus pasca operasi, rekayasa jaringan tulang, katup jantung, pembuluh darah buatan, saluran saraf buatan dan matriks pengiriman obat (Elmalek et al.2020) .

2.3.4 Aplikasi Industri Baru

Komposit kayu-plastik berbasis PHA adalah aplikasi industri bioplastik baru. Mereka sangat menarik untuk biaya rendah, biodegradabilitas, sifat mekanik dan fisik yang dapat ditingkatkan dengan pra-perawatan yang sesuai. Komposit busa kaku dapat diperkuat kembali dengan berbagai fillers dan fibers. Filler anorganik, seperti berlapis Komposit lignin berbasis PHA baru-baru ini diterapkan sebagai film dalam pencetakan 3D, berkat profil penipisan gesernya yang membantu dalam adhesi lapisan dan mengurangi kelengkungan (Elmalek et al. 2020) .

2.4 *Trametes Versicolor*

Trametes versicolor merupakan penghuni umum kayu keras yang mati di daerah beriklim sedang, yang menyebabkan pembusukan putih *non*-selektif. Agen biologis yang dapat digunakan untuk proses delignifikasi termasuk mikroba dari golongan *Basidiomycetes* (Tuomela et al., 2000). Jamur pelapuk putih dari golongan *Basidiomycota* seperti *T. versicolor* dan *P. chrysosporium* adalah yang paling efektif dalam mendegradasi lignin kayu (Perez et al., 2002). Kedua jenis jamur ini memiliki sejumlah enzim pendegradasi lignin yang lengkap, seperti *lakase*, *manganese peroksidase*, dan *lignin peroksidase*. *Trametes versicolor* mampu menghasilkan enzim ligninase lebih cepat dari pada *P. chrysosporium* (Hossain & Ananthraman, 2006).



Gambar 2.4 *Fungi Trametes Versicolor*

2.5 Delignifikasi Menggunakan Pelarut Organik.

Di dalam tumbuhan, selulosa terhubung dengan hemiselulosa dan dilindungi oleh lignin. Untuk meningkatkan kadar selulosa pada suatu bahan, bisa dilakukan dengan cara

kimiawi dan enzimatis. Kedua metode ini mengalami kendala karena struktur selulosa yang berbentuk kristal dan adanya lignin yang melindunginya (Judoamidjojo et al., 1989). Lignin sulit dihidrolisis karena adanya ikatan aril alkil dan eter (Perez et al., 2002).

Delignifikasi dengan ekstraksi pelarut organik, dimana ekstraksi dengan pelarut didasarkan pada kepolaran zat dalam pelarut selama proses ekstraksi. Senyawa polar hanya akan larut dalam pelarut polar seperti etanol, metanol, butanol, dan air. Sementara itu, senyawa *non*-polar hanya dapat larut dalam pelarut *non*-polar seperti eter, kloroform, dan n-heksana (Syafitri et al. 2024). Lignin merupakan senyawa makromolekul cincin multi aromatik alami yang tersusun dari kerangka *non*-polar hidrofobik fenil propana dan gugus polar seperti karboksil (Huang et al. 2019). Oleh karena itu, proses delignifikasi pada penelitian ini yakni dengan menggunakan pelarut organik n-Heksana untuk melarutkan gugus *non*-polar dari kandungan lignin dan pelarut organik metanol untuk melarutkan gugus polar dari kandungan lignin.

Katalis dalam proses delignifikasi adalah bahan (seperti basa, asam, atau enzim) yang berfungsi untuk mempercepat reaksi dengan menurunkan energi aktivasi tanpa mengubah kesetimbangan reaksi, serta sangat spesifik. Proses delignifikasi bisa berlangsung tanpa katalis, tetapi reaksi akan sangat lambat dan membutuhkan suhu serta tekanan tinggi untuk mencapai hasil yang maksimal (Darnoko, 2000). Penggunaan katalis KOH dalam metanol didasarkan pada sifat KOH sebagai basa kuat dan metanol sebagai pelarut yang mendukung pembentukan metoksida. Ketika KOH bereaksi dengan metanol, terbentuk metoksida, yang merupakan basa lebih kuat daripada KOH. Hal ini diharapkan mempermudah pelepasan H alilik pada *metil-eugenol* untuk membentuk karbanion, yang merupakan tahap penting dalam isomerisasi *metil-eugenol*. Berdasarkan penjelasan ini, diharapkan produk *metil isoeugenol* dapat diperoleh secara optimal dengan penggunaan katalis basa KOH dalam metanol (Jatikab et al. 2009).

2.6 De- Hemiselulosa

Hemiselulosa perlu dihilangkan karena dapat meningkatkan kerapuhan bahan. Prinsip dasar pembuatan pulp adalah mengumpulkan sebanyak mungkin serat selulosa (*fiber*) dari jerami padi dan menghilangkan lignin serta ekstraktif. Penggunaan NaOH menurut Kunusa, et al. (2017) yakni terjadinya hidrolisis basa dilakukan untuk memotong rantai hemiselulosa agar terpisah dari rantai utama yaitu selulosa. Penggunaan asam klorida (HCl) bertujuan

untuk melarutkan hemiselulosa sehingga hanya selulosa yang tersisa dalam pulp jerami padi. (Monariqsa et al. 2012)

Asam klorida (HCl) berfungsi untuk melarutkan hemiselulosa dalam bahan baku. Hemiselulosa adalah kelompok polisakarida heterogen dengan berat molekul rendah. Hemiselulosa relatif mudah dihidrolisis oleh asam menjadi monomer-monomer seperti glukosa, manosa, galaktosa, xilosa, dan arabinosa. Hemiselulosa mengikat lembaran serat selulosa yang membentuk mikrofibril, meningkatkan stabilitas dinding sel. Selain itu, hemiselulosa berikatan silang dengan lignin, membentuk jaringan kompleks yang memberikan struktur kuat (Zulmanwardi et al. 2020).

2.7 Pati Singkong

Kemasan umumnya terbuat dari plastik yang berdampak signifikan terhadap lingkungan. Namun, teknologi baru sedang dikembangkan untuk menggantikan plastik yang tidak bisa terurai secara hayati. Penambahan pati singkong dalam produksi bioplastik berbahan jerami padi bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan karakteristik fisik dari bioplastik tersebut. Pati singkong merupakan bahan baku yang sangat umum digunakan karena biopolimer ini tersedia luas dan murah. Dibandingkan dengan pati lainnya, ekstraksi pati singkong menghasilkan lebih sedikit kotoran, sehingga meningkatkan efisiensi ekstraksi. Namun, penggunaan pati saja dalam produksi film tidak memberikan sifat mekanis dan penghalang yang memadai untuk pengemasan. Oleh karena itu, perlu ditambahkan plasticizer seperti gliserol (Dos Santos Caetano et al. 2018).

Polimer alami seperti makromolekul yang secara alami terdapat pada beberapa tanaman dapat digunakan sebagai bahan baku untuk plastik *biodegradable*. Selain itu, molekul yang lebih kecil seperti gula, disakarida, dan asam lemak dari tanaman juga dapat berfungsi sebagai bahan dasar untuk plastik *biodegradable*. Semua sumber daya yang dapat diperbarui ini dapat dimanfaatkan, dimodifikasi, dan diproses menjadi plastik berbahan dasar alami (bioplastik) (Mooney 2009; Lu et al. 2009). Bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan plastik *biodegradable* meliputi pati, selulosa, dan *Poly Lactic Acid* (PLA). Pati diperoleh dari tanaman sumber karbohidrat seperti sagu, jagung, singkong, ubi jalar, dan umbi-umbian lainnya. Selulosa dapat diperoleh dari limbah pertanian seperti jerami, tongkol jagung, dan pelepah nanas (Kamsiati et al. 2017).

2.8 Polivinil Alkohol

Polivinil alkohol (PVA) adalah polimer yang menarik karena banyak karakteristiknya yang sesuai dengan kebutuhan dalam bidang farmasi dan biomedis. Sifat kristalinitas alami PVA sangat menonjol terutama dalam pembuatan hidrogel. PVA memiliki struktur kimia sederhana dengan gugus hidroksil yang tersusun secara tidak teratur. Monomer PVA, vinil alkohol, cenderung tidak stabil dan ada dalam bentuk tautomer dengan asetaldehida (Hendrawati, M. S. 2023). PVA dihasilkan melalui polimerisasi vinil asetat (PVAc) menjadi polivinil asetat, yang kemudian dihidrolisis menjadi PVA. Tingkat hidrolisis yang tinggi, di atas 98,5%, menunjukkan kualitas PVA yang baik secara komersial. Kandungan asetat dan tingkat hidrolisis polimer sangat mempengaruhi sifat kimianya, seperti kristalinitas dan kelarutan PVA. Kelarutan PVA dalam air dipengaruhi oleh tingkat hidrolisisnya; semakin tinggi tingkat hidrolisisnya, semakin rendah kelarutan PVA dalam air (Hendrawati, M. S. 2023).

PVA memiliki peran Interaksi Kimia yakni PVA memiliki gugus hidroksil yang besar, sehingga dapat berinteraksi melalui ikatan hidrogen dengan molekul-molekul lain dalam bioplastik. Interaksi ini memperkuat jaringan polimer dan meningkatkan integritas struktur dan peranan Sebagai Plasticizer yakni PVA bekerja sebagai plasticizer, memfasilitasi proses pencetakan dan memberikan fleksibilitas yang lebih baik kepada bioplastik. Kelebihan lentur PVA membuatnya sangat digunakan, serta kemampuannya untuk terurai secara alami (*biodegradable*) dan dapat dengan mudah membentuk ikatan hidrogen dengan molekul kitosan, secara tidak lain sebagai pengikat. PVA komersial umumnya terdiri dari campuran stereoregular seperti isotaktik, ataktik, dan sindiotaktik. Pada suhu 70°C, PVA dengan tingkat hidrolisis di atas 98,5% dapat larut dalam air (Hendrawati, M. S. 2023).

2.9 ZnO

Seng oksida (ZnO), sebuah senyawa anorganik, dikenal karena sifat antibakterinya. Biasanya hadir dalam bentuk bubuk putih dan hampir tidak larut dalam air. ZnO memiliki dua struktur kristal utama, yaitu *blended* dan *wurtzite*. Secara termodinamika, struktur *wurtzite* lebih stabil dibandingkan dengan struktur ZnO lainnya di lingkungan yang tidak sesuai. ZnO membentuk koordinasi tetrahedral dengan susunan ionik kation-anion yang teratur dan berulang. Struktur kristal ini menghasilkan pola susunan ion yang konsisten dalam

kristal, yang dapat termasuk salah satu dari tiga kategori struktur ZnO. Selain itu, ZnO memiliki karakteristik seperti transmitansi tinggi pada daerah panjang gelombang tampak, indeks bias yang tinggi, konstanta piezoelektrik besar, celah pita energi yang lebar, konduktivitas elektrik yang baik, sifat adhesi, kekerasan yang baik, dan kestabilan kimia serta mekanik yang baik (Hendrawati, M. S. 2023).

ZnO memiliki tujuan yakni Peningkatan Kuat Tarik, dimana ZnO dapat meningkatkan kuat tarik bioplastik. Hal ini dikarenakan ZnO berfungsi sebagai agen penguat yang memperbaiki struktur polimer, sehingga meningkatkan kestabilan dan kekerasan bioplastik. Perlindungan Terhadap Mikroba, dimana ZnO memiliki sifat antimikroba yang dapat melindungi bioplastik dari serangan mikroorganisme, sehingga memperlambat proses degradasi bioplastik Dan optimalisasi Formulasi, dimana Penelitian telah menunjukkan bahwa dengan penambahan ZnO, bioplastik dapat dicampur dengan baik dan memiliki sifat fisik/mechanik yang optimal sesuai standar nasional Indonesia(SNI) (Hendrawati, M. S. 2023).

2.10 Plasticizer

Plasticizer berperan dalam meningkatkan kelenturan polimer plastik *biodegradable*. Menurut Anita et al. (2013), plasticizer adalah senyawa organik dengan berat molekul rendah yang dapat mengurangi kekakuan dan meningkatkan fleksibilitas polimer. Penggunaan plasticizer yang lebih banyak akan semakin meningkatkan fleksibilitas polimer. Namun, menurut Kumoro dan Purbasari (2014), penambahan plasticizer secara berlebihan dapat menyebabkan interaksi antara plasticizer dengan molekul pati yang mengurangi mobilitas molekuler. Hal ini juga ditegaskan oleh Saputro et al. (2015) bahwa penambahan plasticizer yang berlebihan dapat membuat plastik *biodegradable* menjadi lembek dan lemah.

Gliserol, gliserin, dan sorbitol adalah contoh bahan yang umum digunakan sebagai plasticizer. Kumoro dan Purbasari (2014) menjelaskan bahwa kelebihan gliserol sebagai plasticizer dapat meningkatkan fleksibilitas struktur pati sehingga dapat dibentuk. Penambahan gliserol juga dapat meningkatkan elastisitas polimer yang dihasilkan, seperti yang disampaikan oleh Darni dan Utami (2010) mengenai penggunaan sorbitol. Hidayati et al. (2015) juga mencatat bahwa penambahan plasticizer akan meningkatkan fleksibilitas dan mengurangi kerapuhan dari *film biodegradable*. Selain itu, asam laurat juga digunakan sebagai alternatif plasticizer (Wafiroh et al. 2010).

2.11 Review Penelitian Terdahulu

2.11.1 Penelitian Terdahulu Metode Kimia

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu Metode Kimia

No	Referensi	Masalah /Teori/Metode yang digunakan	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
1.	Pratiwi, R., Rahayu, D., & Barliana, M. I. (2016). Pemanfaatan selulosa dari limbah jerami padi (<i>Oryza sativa</i>) sebagai bahan bioplastik. <i>Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology</i> , 3(3), 83-91.	Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu preparasi bahan, pembuatan pulp, pembuatan bioplastik dengan metode inversi fasa dengan variasi jumlah kitosan dan pulp selulosa 3:10, 4:10, dan 5:10, serta karakterisasi bioplastik.	Persamaan pada penelitian ini adalah menggunakan tahapan yang sama, yaitu preparasi bahan, pembuatan pulp, dan pembuatan bioplastik.	Perbedaan pada penelitian ini adalah pada tahap delignifikasi menggunakan NaOH 4% dan bahan plasticizer menggunakan kitosan dan gliserol.
2.	Maladi, I. (2019). <i>Pembuatan bioplastik berbahan dasar pati kulit singkong (Manihot utilissima) dengan penguat selulosa jerami padi, polivinil alkohol dan bio-compatible zink oksida (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta).</i>	Penelitian ini bertujuan untuk membuat bioplastik ramah lingkungan yang terbuat dari pati kulit singkong dengan tambahan selulosa jerami padi, polivinil alkohol (PVA), dan zink oksida (ZnO).	Persamaan penelitian ini adalah menggunakan tahapan metode yang sama, yakni pembuatan selulosa jerami padi, analisa lignin dan selulosa, pembuatan bioplastik. Penggunaan pati singkong, PVA dan ZnO diambil dari penelitian ini.	Perbedaan penelitian ini adalah bahan delignifikasi yang menggunakan heksana-metanol (2:1 v/v) dengan konsentrasi 100% dari masing-masing pelarut untuk mendelignifikasi kandungan lignin pada jerami padi.
3.	Setiawan, A., Anggraini, F. D. M., Ramadani, T. A., Cahyono, L., & Rizal, M. C. (2021). Pemanfaatan Jerami Padi Sebagai Bioplastik Dengan Menggunakan Metode Perlakuan Pelarut Organik. <i>METANA</i> , 17(2), 69-80.	Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis bioplastik dari bahan baku jerami padi menggunakan perlakuan pelarut organik serta menganalisis pengaruh rasio massa pati dengan selulosa pada karakteristik produk bioplastik. Proses delignifikasi jerami	Persamaan pada penelitian ini adalah menghasilkan produk bioplastik berbahan dasar selulosa jerami padi yang didelignifikasi menggunakan perlakuan pelarut	Perbedaan pada penelitian ini adalah terdapat pada tahap delignifikasi yang dimana menggunakan perlakuan pelarut organik dengan jenis yang berbeda, yakni

		menggunakan larutan etanol 5% dan 35% pada suhu 80oC selama dua jam. Bioplastik dibuat dengan rasio massa pati dengan selulosa sebesar 1:0,5; 1:1; dan 1:1,5.	organik.	etanol 5% dan etanol 35%.
4.	Hendrawati, M. S. (2023). <i>Bioplastik Berbahan Dasar Sisa Hasil Pertanian</i> . Deepublish.	Plastik biodegradable merupakan salah satu alternatif film kemasan yang baik dan ramah lingkungan. dapat berasal dari polisakarida hewan seperti kitin dan kitosan., atau polisakarida tanaman seperti pati, selulosa, agar-agar dan karagenan.	Persamaan pada penelitian ini adalah metode penggunaan heksana- methanol (2:1), substrat selulosa jerami, pati tepung tapioka, PVA, ZnO, dan gliserol.	Perbedaan pada penelitian ini adalah penggunaan konsentrasi bahan yang mendelignifikasi kandungan lignin pada jerami padi, yakni menggunakan heksana- methanol (2:1)
5.	Syafitri, N., & Mustikaningrum, M. (2024). Transesterifikasi In situ Produksi Biodiesel Dengan Variasi Massa Bahan Baku Terhadap Karakteristik Biodiesel. <i>Jurnal Integrasi Proses dan Lingkungan</i> , 1(2).	Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang menjanjikan, bersifat ramah lingkungan, dan tidak berdampak bagi kesehatan. Pada penelitian ini, pembuatan biodiesel dilakukan dengan metode transesterifikasi in situ. Bahan baku yang digunakan yaitu biji mahoni dengan variasi massa bahan baku 10 gram dan 20 gram. Delignifikasi menggunakan Katalis yakni KOH dengan metanol sebagai solvent dan n-heksana sebagai co-solvent.	Persamaan pada penelitian ini adalah metode delignifikasi menggunakan Katalis yakni KOH 4% dengan metanol96% sebagai solvent dan n-heksana sebagai co-solvent.	Perbedaan pada penelitian adalah tujuan teori dari penelitian ini, yakni memproduksi biodiesel yang berbahan baku dari biji mahoni.

2.11.2 Penelitian Terdahulu Metode Biologi

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu Metode Biologi

No	Referensi	Masalah /Teori/Metode yang digunakan	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
6.	Asnani, A., Ratnaningtyas, N. I., & Suhermiyati, S. (2013). Analisis Hasil Delignifikasi Sekam Padi yang Berpotensi sebagai Bahan Baku Bioetanol. Prosiding: Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan, 3(3), 87-94.	Sekam padi merupakan bahan baku bioetanol Generasi II. Biokonversi sekam menjadi bioetanol diawali dengan tahapan pre-treatment (proses delignifikasi). Berkaitan dengan hal tersebut, maka tujuan penelitian adalah delignifikasi sekam padi menggunakan jamur <i>Marasmius sp</i> dan jamur <i>Phanerochaete chrysosporium</i> .	Persamaan pada penelitian ini adalah Proses delignifikasi dilakukan dengan mencampurkan 10gr serbuk sekam padi, kemudian ditambahkan 20 ml media kultur. Campuran disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121 oC selama 15 menit. Selanjutnya didinginkan, dan diinokulasi dengan sekeping jamur diameter 0,8 cm. Inkubasi dilakukan dalam inkubator suhu 34 oC selama interval waktu 0, 10, 20, dan 30 hari.	Perbedaan penelitian ini adalah penggunaan jenis jamur yang berbeda. pada penelitian ini jamur yang digunakan yaitu jamur <i>Marasmius sp</i> dan jamur <i>Phanerochaete chrysosporium</i> .
7.	PADI, P. P. B. J., & LEGOWO, S. 2017 PERTUMBUHAN KULTUR TUNGGAL DAN CAMPUR JAMUR.Universitas Muhammadiyah Surakarta.	Degradasi lignin melibatkan aktivitas enzim lignolitik yang dihasilkan oleh JPP yaitu <i>Lignin Peroksidase</i> (LiP), <i>Manganese Peroksidase</i> (MnP) dan Lakase. Salah satu jamur yang paling efektif dalam mendegradasi lignin adalah <i>Phanerochaete chrysosporium</i> dan <i>Trametes versicolor</i> .	Persamaan pada penelitian ini adalah delignifikasi menggunakan <i>Phanerochaete chrysosporium</i> dan <i>Trametes versicolor</i> pada jerami padi.	Perbedaan penelitian ini adalah penggunaan metode untuk mendegradasi lignin pada jerami padi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Pelaksanaan Tugas Akhir(TA) ini direncanakan berlangsung selama satu semester dan lokasi pelaksanaan direncanakan di Lab sampah Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Pembuatan Bioplastik Metode Kimia

A. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Blender mekanis, *Cutting milk*, Ayakan, Saringan, Kertas saring, Soklet, Erlenmeyer 250 ml, Erlenmeyer 500 ml, Cawan porselen, Oven, Pendingin, Pipet volume 5 ml, Pipet volume 10 ml, *Magnetic stirrer*, *Beaker glass* 100 ml, *Beaker glass* 1000 ml, Neraca massa, Pengukur pH, *Water bath* (Memmert), *scanning electron microscope* (JEOL-JSM T330A), spektrofotometer, inframerah (Shimadzu, IR Prestige-21), MESDAN LAB. S.p.a model tenso 300 (*type : 168E*), *thickness gauge tester* YG 1410/No. : 16182, Plat kaca dan alat-alat gelas yang biasa digunakan di laboratorium bioteknologi.

B. Bahan

- Tumbuhan: Jerami padi diperoleh dari daerah Yogyakarta.
- Bahan kimia:

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Heksana metanol 125 ml, NaOH 6%, H₂SO₄ 10%, H₂SO₄ 72%, H₂SO₄ 1 N, HCl 5%, Aquades, asam asetat 1%, PVA, Pati kulit singkong, Logam ZnO dan Gliserol.

C. Prosedur

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental di laboratorium dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

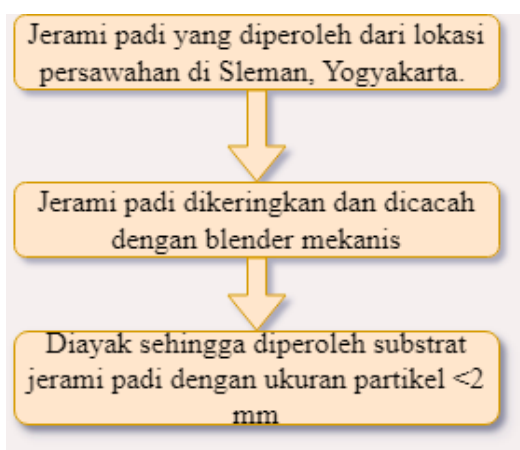
- Pengumpulan dan determinasi bahan meliputi pengumpulan bahan dan determinasi tumbuhan yang dilakukan di Laboratorium Biotek, Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas

Islam Indonesia, Yogyakarta.

- Preparasi substrat jerami padi (Nallapeta et al, 2012; Ong et al, 2012)

Jerami padi yang diperoleh dari lokasi persawahan di Sleman, Yogyakarta.

Jerami padi dikeringkan dan dicacah dengan blender mekanis, dan diayak sehingga diperoleh substrat jerami padi dengan ukuran partikel <2 mm.



Gambar 3.1 *Flowchart* Preparasi substrat jerami padi



Gambar 3.2 Jerami Padi



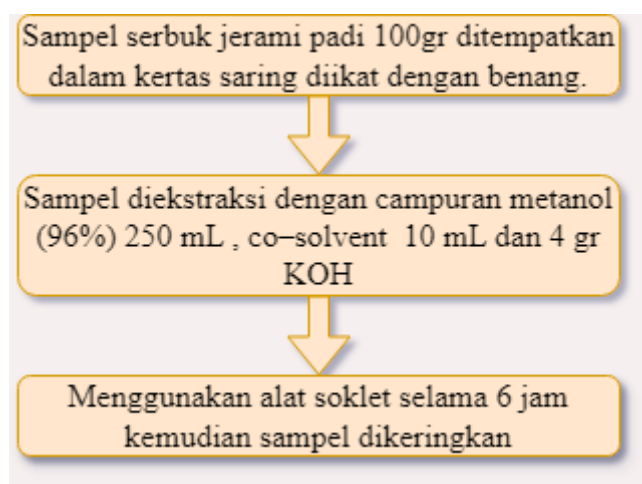
Gambar 3.3 Substrat Jerami Padi

- Isolasi Selulosa Jerami Padi (Hendrawati, M. S. 2023).

- ❖ Delignifikasi

Sampel serbuk jerami padi 100gr ditempatkan dalam kertas saring diikat dengan benang. Sampel diekstraksi dengan campuran metanol digunakan sebagai pelarut organik dengan kemurnian 96% sebanyak 250 mL dan *co-solvent* yang digunakan adalah sebanyak 10 mL. Katalis basa yang digunakan adalah KOH dengan jumlah sebanyak 4% dari berat bahan baku

yaitu 4 gr KOH (Syafitri N., et al. 2024). Menggunakan alat soklet selama 6 jam kemudian sampel dikeringkan.



Gambar 3.4 *Flowchart* Delignifikasi Pelarut Organik

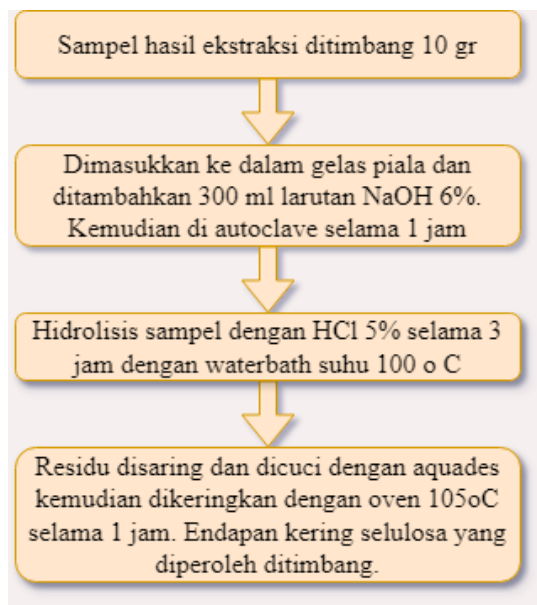


Gambar 3.5 Sokletasi Substrat Jerami

❖ De-Hemiselulosa (Puspitasari, S. 2017)

Sampel hasil ekstraksi ditimbang 10 gr, kemudian dimasukkan dalam gelas piala dan ditambahkan 300 ml larutan NaOH 6%. Kemudian *autoclave* selama 1 jam. Hidrolisis sampel dengan HCl 5% selama 3 jam dengan waterbath suhu 100°C . Residu yang diperoleh disaring dan dicuci dengan aquades kemudian

dikeringkan dengan oven 105°C selama 1 jam. Endapan kering selulosa yang diperoleh ditimbang.



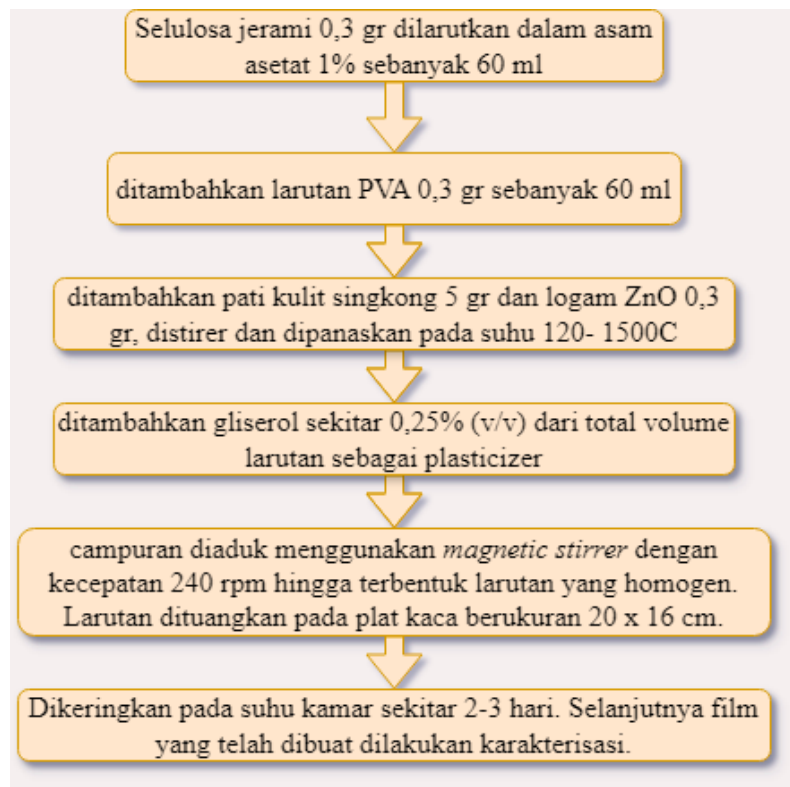
Gambar 3.6 *Flowchart* De-Hemiselulosa I



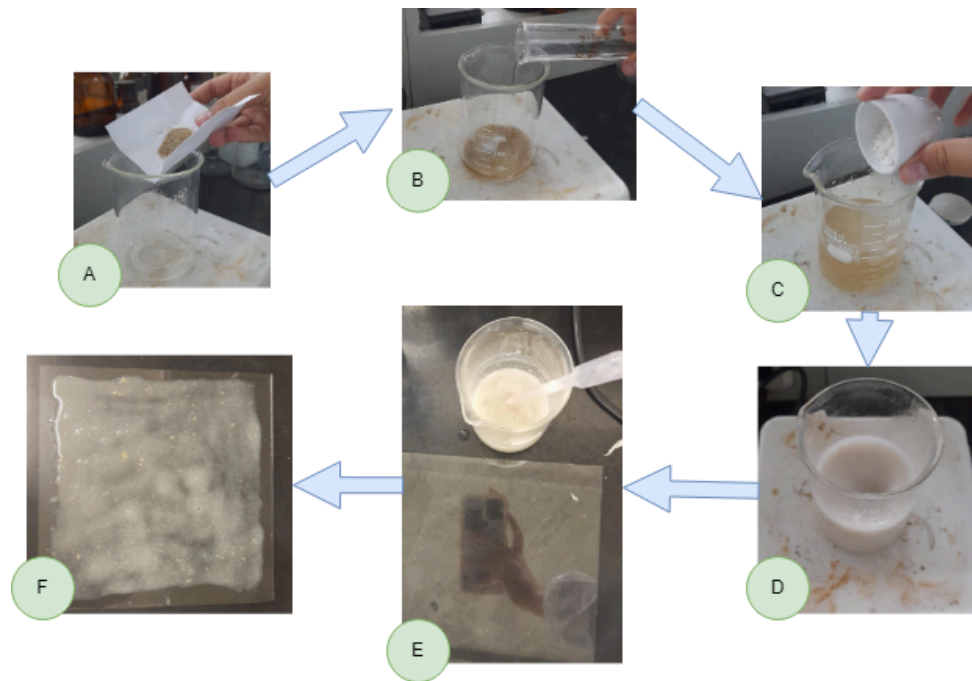
Gambar 3.7. Hidrolisis Substrat Jerami Padi

- Pembuatan bioplastik (Hendrawati, M. S. 2023).
Selulosa jerami 0,3 gr dilarutkan dalam asam asetat 1% sebanyak 60 ml, ditambahkan larutan PVA 0,3 gr sebanyak 60 ml, kemudian ditambahkan pati kulit singkong 5 gr dan logam ZnO 0,3 gr, distirer dan dipanaskan pada suhu $120 - 150^{\circ}\text{C}$, ditambahkan gliserol sekitar 0,25% (v/v) dari total volume larutan sebagai plasticizer. Bioplastik dibuat sesuai dengan perbandingan campuran dari masing-masing bahan, dibuat volume total sampel larutan 120

ml. Masing - masing campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 240 rpm hingga terbentuk larutan yang homogen. Larutan dituangkan pada plat kaca berukuran 20 x 16 cm. Dikeringkan pada suhu kamar sekitar 2-3 hari. Selanjutnya film yang telah dibuat dilakukan karakterisasi.



Gambar 3.8 *Flowchart* Pembuatan Bioplastik



Gambar 3.9 Substrat Jerami Padi (a), Asam Asetat (b), Pati Singkong (c), Homogenisasi dan Pemanasan (d), Pra-cetak film Bioplastik (e), dan Pencetakan Plat Kaca

- Karakterisasi bioplastik meliputi analisis gugus fungsi menggunakan alat FTIR, analisis morfologi menggunakan alat SEM (*Scanning Electron Microscopy*), uji ketahanan air, Uji kadar air, Uji kelarutan, Uji densitas, dan Uji degradasi tanah.

3.2.2 Pembuatan Bioplastik Metode Biologis

A. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Autoclave*, Blender mekanis, *Cutting milk*, Ayakan, Saringan, Kertas saring, Soklet, Erlenmeyer 250 ml, Erlenmeyer 500 ml, Cawan porselen, Oven, Pendingin, Pipet volume 5 ml, Pipet volume 10 ml, *Magnetic stirrer*, *Beaker glass* 100 ml, *Beaker glass* 1000 ml, Neraca massa, Pengukur pH, *Water bath* (Memmert), *scanning electron microscope* (JEOL-JSM T330A), *spektrofotometer*, MESDAN LAB. S.p.a model tenso 300 (*type : 168E*), *thickness gauge tester* YG 1410/No. : 16182, Plat kaca dan alat-alat gelas yang biasa digunakan di laboratorium bioteknologi.

B. Bahan

- Tumbuhan: Jerami padi diperoleh dari daerah Sleman, Yogyakarta.
- Bahan kimia:

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kultur *fungi Trametes versicolor*, PDB (*Potato Dextrose Broth*), Kentang, *Lignosulfonate*, agar, NaOH 6%, H₂SO₄ 10%, H₂SO₄ 72%, H₂SO₄ 1 N, Aquades, asam asetat 1%, PVA, Pati kulit singkong, Logam ZnO dan Gliserol.

C. Prosedur

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental di laboratorium dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

- Preparasi substrat jerami padi (Nallapeta et al, 2012; Ong et al, 2012)
Jerami padi yang diperoleh dari lokasi persawahan di Sleman, Yogyakarta. Jerami padi dikeringkan dan dicacah dengan *chopper* mekanis, kemudian dihaluskan dengan *cutting mill* dan diayak sehingga diperoleh substrat jerami padi dengan ukuran partikel <2 mm.



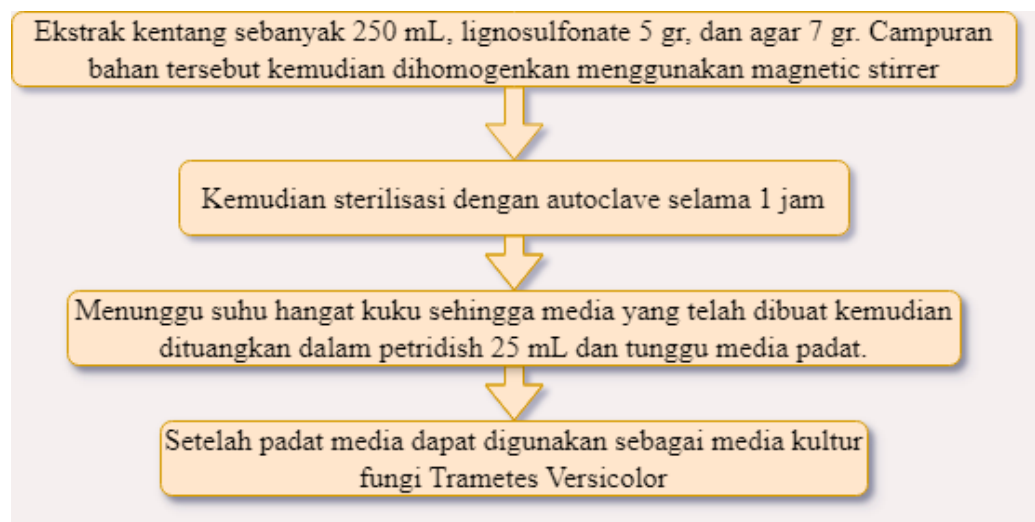
Gambar 3.10. Jerami Padi



Gambar 3.11. Substrat Jerami Padi

- Pembuatan Media *Potato Lignin Agar* (PLA).
Pembuatan *Potato Lignin Agar* (PLA) sebagai media yang digunakan untuk kultur *fungi Trametes Versicolor*. *Potato Lignin Agar*(PLA) digunakan untuk membuktikan bahwa *fungi Trametes Versicolor* dapat mendegradasi senyawa

lignin dengan terbentuknya *halozone* pada media PLA. Potato diambil dari ekstrak kentang, lignin dari turunan senyawa lignin yakni *Lignosulfonate* dan Agar menggunakan *Malt*. Pembuatan media ini, kadarnya adalah berdasarkan dari kadar *Potato*, *Dextrose* dan *Agar* pada *Potato Dextrose Agar*(PDA). Ekstrak kentang sebanyak 250 mL, *lignosulfonate* 5 gr, dan agar 7 gr. Campuran bahan tersebut kemudian dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer*, kemudian sterilisasi dengan *autoclave* selama 1 jam dan menunggu suhu hangat kuku sehingga media yang telah dibuat kemudian dituangkan dalam *petridish* 25 mL dan tunggu media padat. setelah padat media dapat digunakan sebagai media kultur *fungi Trametes Versicolor*.



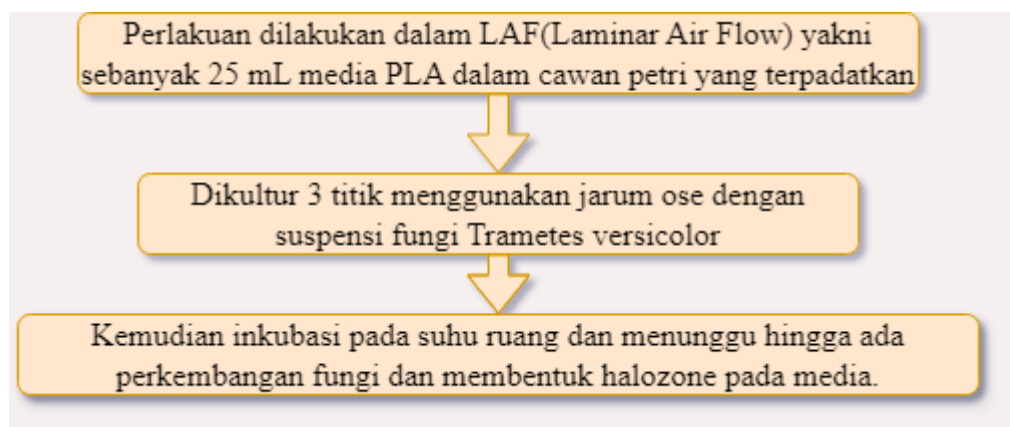
Gambar 3.12 *Flowchart* Pembuatan Media PLA



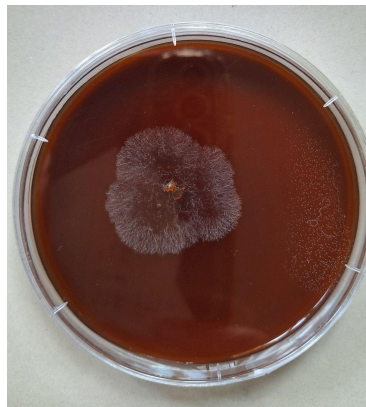
Gambar 3.13. Media *Potato Lignin Agar* (PLA)

- Pembuatan Kultur *fungi Trametes Versicolor*

Kultur *fungi Trametes versicolor* adalah menggunakan media *Potato Lignin Agar*(PLA). Perlakuan dilakukan dalam LAF(*Laminar Air Flow*) yakni sebanyak 25 mL media PLA dalam cawan petri yang terpadatkan dikultur 3 titik menggunakan jarum ose dengan suspensi *fungi Trametes versicolor* yang tersedia. Kemudian inkubasi pada suhu ruang dan menunggu hingga ada perkembangan *fungi* dan membentuk *halozone* pada media.



Gambar 3.14 *Flowchart* Pembuatan Kultur *Fungi T. Versicolor*

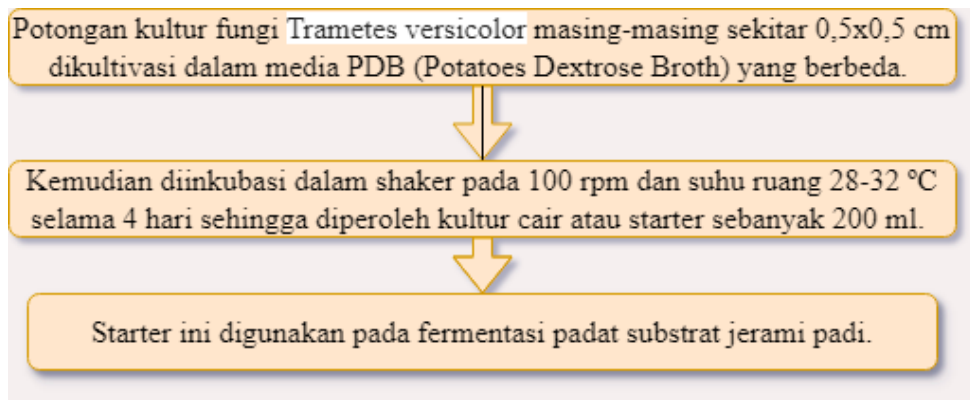


Gambar 3.15. Pembentukan *Halozone*

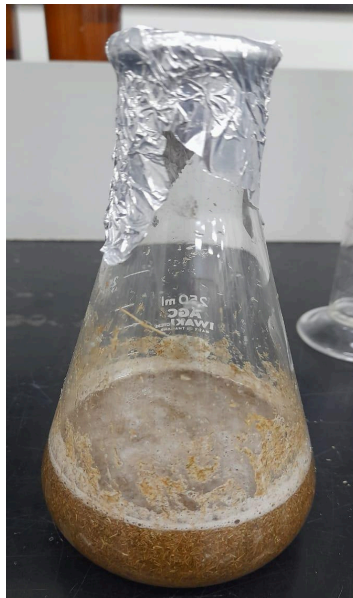
- Pembuatan inokulan *fungi* (Mulyana et al, 2015)

Potongan kultur *fungi Trametes versicolor* masing-masing sekitar 0,5x0,5 cm dikultivasi dalam media PDB (*Potatoes Dextrose Broth*) yang berbeda. Kemudian diinkubasi dalam *shaker* pada 100 rpm dan suhu ruang 28-32 °C

selama 4 hari sehingga diperoleh kultur cair atau starter sebanyak 200 ml. Starter ini digunakan pada fermentasi padat substrat jerami padi.



Gambar 3.16 *Flowchart* Pembuatan Inokulum *Fungi*



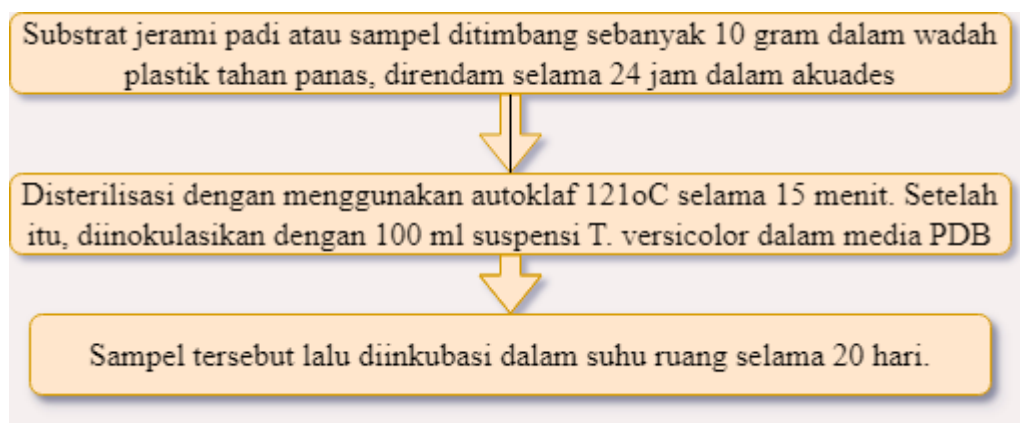
Gambar 3.17. Fermentasi Substrat Jerami

- **Fermentasi padat substrat jerami padi (Rahayu et al. 2023)**

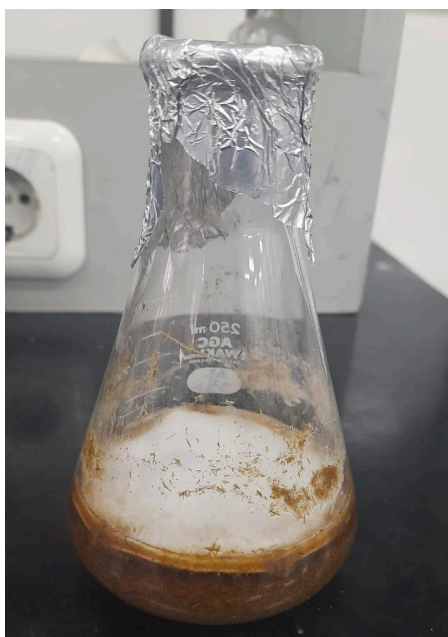
- ❖ **Delignifikasi**

Substrat jerami padi atau sampel ditimbang sebanyak 10 gram dalam wadah plastik tahan panas, direndam selama 24 jam dalam akuades, dan disterilisasi dengan menggunakan autoklaf 121^oC selama 15 menit. Setelah itu, diinokulasikan dengan 100 ml suspensi *T. versicolor* dalam media PDB dari labu Erlenmeyer 250 ml telah ditumbuhkan sebelumnya selama 7 hari. Sampel tersebut lalu diinkubasi dalam suhu ruang selama 20 hari. Analisis sampel

sebelum dan setelah delignifikasi meliputi, kadar lignin dan selulosa. Kontrol tanpa penambahan jamur diperlakukan dengan kondisi yang sama, dan dianalisis pada hari ke-20.



Gambar 3.18 *Flowchart* Delignifikasi Menggunakan *Fungi T. Versicolor*

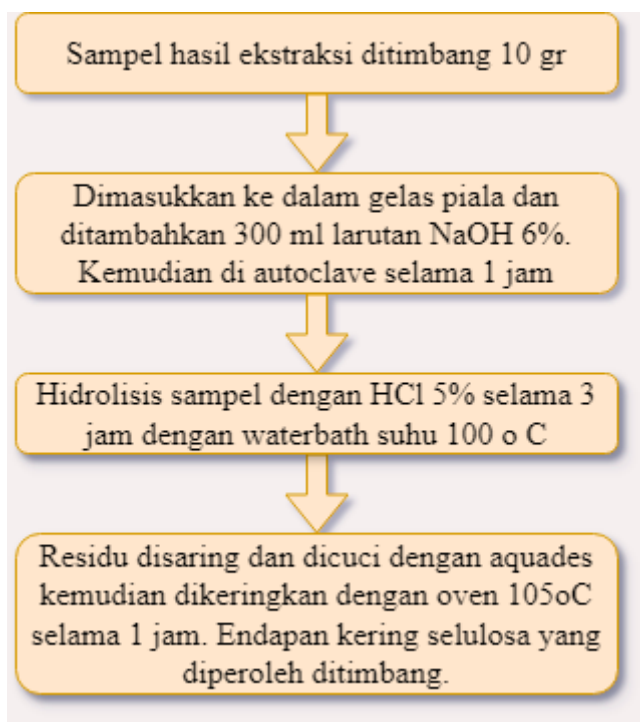


Gambar 3.19. Fermentasi Substrat Jerami Hari ke-20

❖ De-Hemiselulosa

Sampel hasil ekstraksi ditimbang 10 gr, kemudian dimasukkan dalam gelas piala dan ditambahkan 300 ml larutan NaOH 6%. Kemudian *autoclave* selama 1 jam. Hidrolisis sampel dengan HCl 5% selama 3 jam dengan waterbath suhu 100°C . Residu yang diperoleh disaring dan dicuci dengan aquades kemudian

dikeringkan dengan oven 105°C selama 1 jam. Endapan kering selulosa yang diperoleh ditimbang.



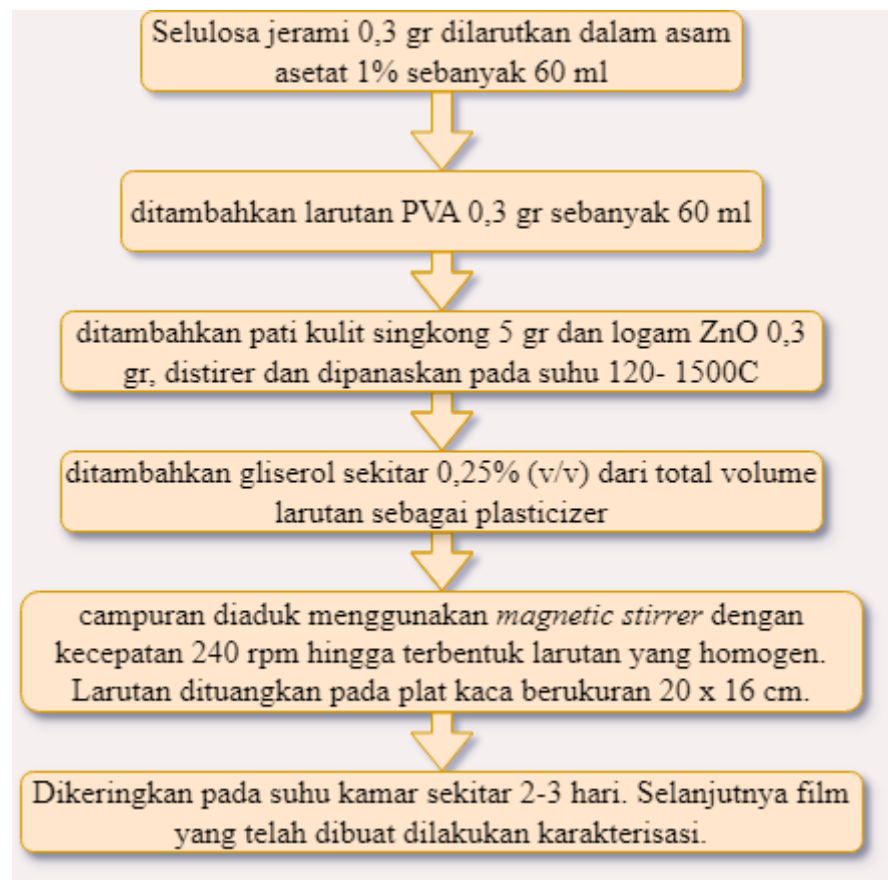
Gambar 3.20 *Flowchart* De-Hemiselulosa II



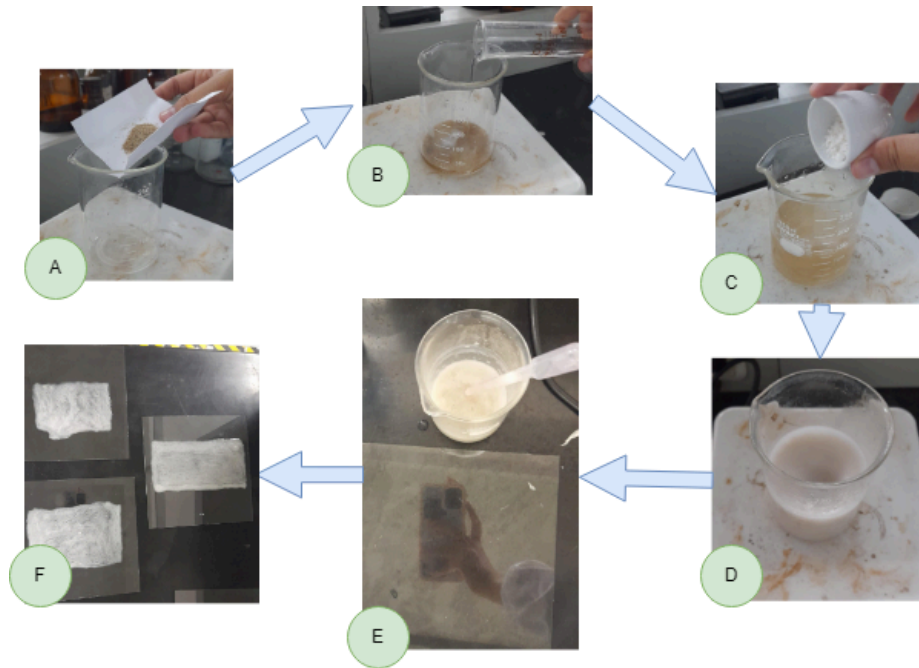
Gambar 3.21. Hidrolisis Substrat Jerami Padi

- Pembuatan bioplastik (Hendrawati, M. S. 2023).
Selulosa jerami 0,3 gr dilarutkan dalam asam asetat 1% sebanyak 60 ml, ditambahkan larutan PVA 0,3 gr sebanyak 60 ml, kemudian ditambahkan pati kulit singkong 5 gr dan logam ZnO 0,3 gr, distirer dan dipanaskan pada suhu

120 - 150⁰C, ditambahkan gliserol sekitar 0,25% (v/v) dari total volume larutan sebagai plastisizer. Bioplastik dibuat sesuai dengan perbandingan campuran dari masing-masing bahan, dibuat volume total sampel larutan 120 ml. Masing - masing campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 240 rpm hingga terbentuk larutan yang homogen. Larutan dituangkan pada plat kaca berukuran 20 x 16 cm. Dikeringkan pada suhu kamar sekitar 2-3 hari. Selanjutnya film yang telah dibuat dilakukan karakterisasi.



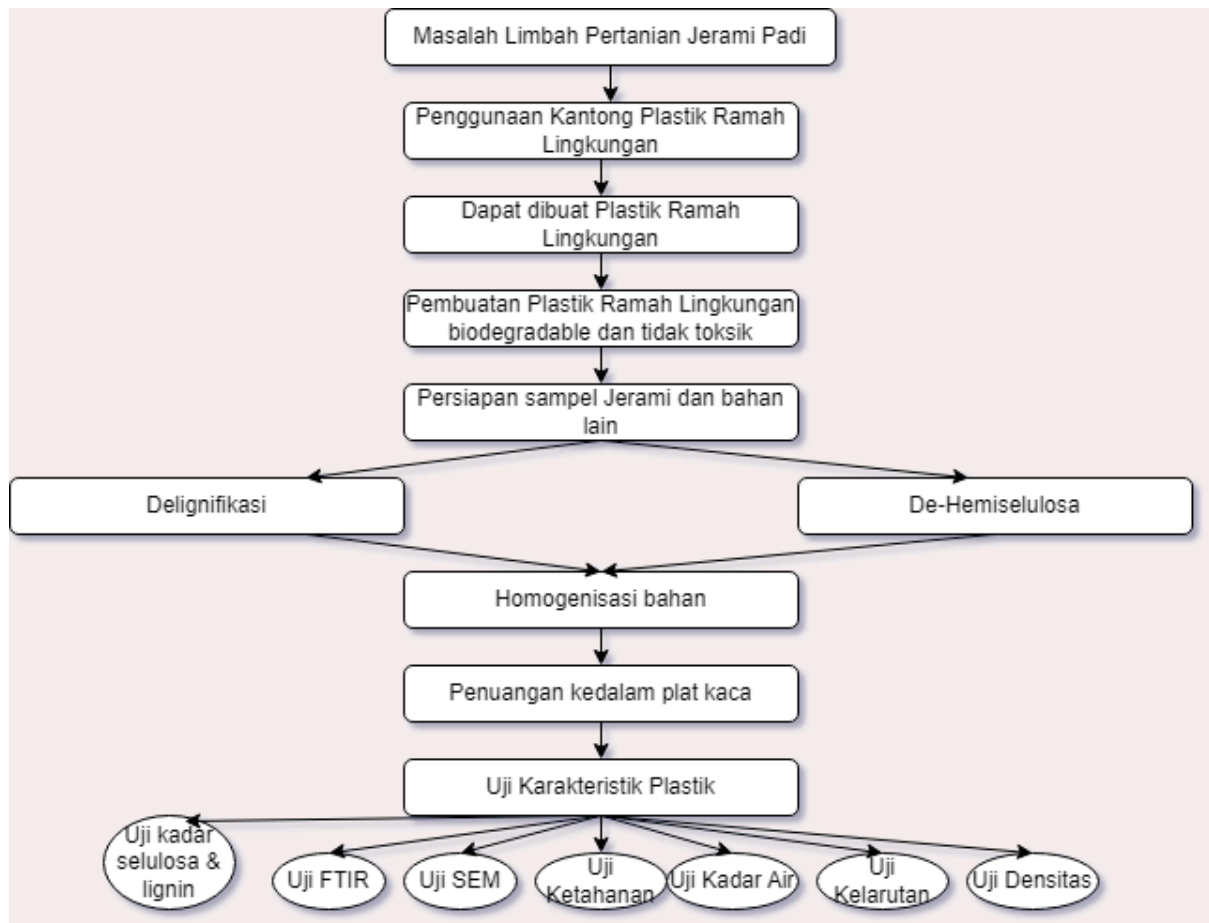
Gambar 3.22 *Flowchart* Pembuatan Bioplastik (II)



Gambar 3.23 Substrat Jerami Padi (a), Asam Asetat (b), Pati Singkong (c), Homogenisasi dan Pemanasan (d), Pra-cetak film Bioplastik (e), dan Pencetakan Plat Kaca

- Karakterisasi bioplastik meliputi analisis gugus fungsi menggunakan alat FTIR, analisis morfologi menggunakan alat SEM (*Scanning Electron Microscopy*), uji ketahanan air, Uji kadar air, Uji kelarutan, Uji densitas, dan Uji degradasi tanah.

3.3 Prosedur Analisis Data



Gambar 3.24. Diagram Alir Analisis Data

1. Analisis Kadar Selulosa dan Lignin

Bahan diuji kandungan selulosa dan ligninnya menggunakan metode chesson. 1 g sampel kering (a) tambahkan 150 mL H₂O kemudian direfluks pada suhu 100°C dalam *water bath* selama 1 jam. Hasil refluks tersebut kemudian disaring dan residunya dicuci dengan air panas kurang lebih 300 mL. Residu yang diperoleh dikeringkan dengan oven hingga beratnya konstan kemudian ditimbang (b). Residu di tambahkan 150 mL H₂SO₄ 1 N kemudian direfluks dalam penangas air selama 1 jam pada suhu 100°C. Hasilnya disaring sampai netral menggunakan aquades kurang lebih 300 mL dan dikeringkan (c). Residu kering direndam dalam 10 mL H₂SO₄ 72% pada suhu kamar selama 4 jam kemudian ditambahkan 150 mL H₂SO₄ 1 N dan direfluks dalam *water bath* selama 1 jam. Residu yang diperoleh disaring dan dicuci dengan H₂O sampai netral kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C dan

hasilnya ditimbang (d), selanjutnya residu diabukan dan ditimbang (e). Perhitungan kadar selulosa dan kadar lignin adalah sebagai berikut (Hendrawati, M. S. 2023) :

$$\text{Kadar selulosa} = (c-d)/a \times 100\%$$

$$\text{Kadar lignin} = (d-e)/a \times 100\%$$

Keterangan :

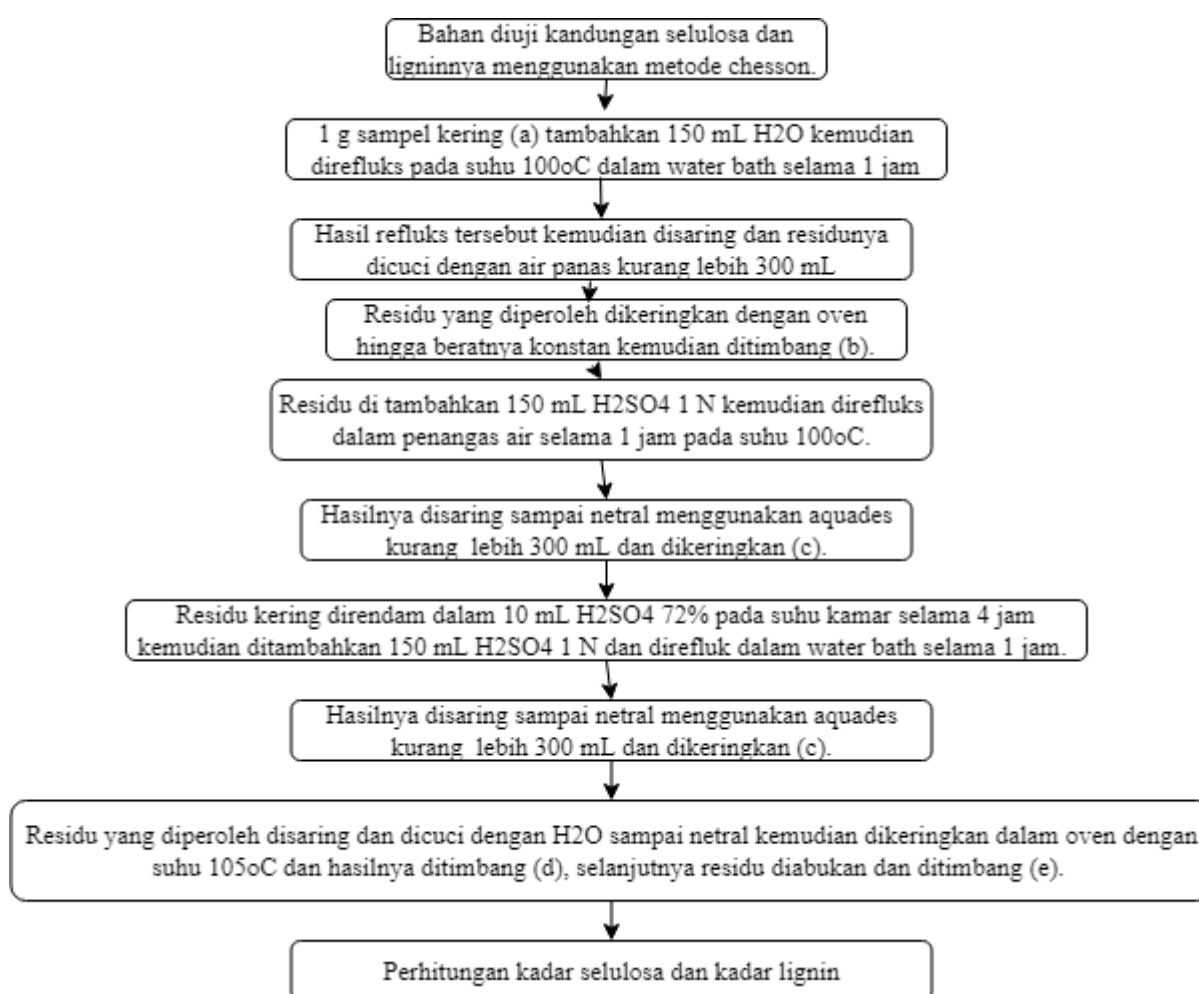
a = Berat Awal (gr),

b = Penimbangan ke-2 (gr),

c = Penimbangan ke-3 (gr),

d = Penimbangan ke-4 (gr), dan

e = Berat Akhir (gr),



Gambar 3.25 *Flowchart* Analisis Uji Kadar Selulosa dan Lignin

2. Analisis FTIR

Metode FT-IR (*Fourier Transform InfraRed*) menggunakan spektroskopi inframerah untuk menganalisis sampel. Radiasi inframerah diberikan pada sampel melalui instrumen FT-IR. Sampel menyerap sebagian radiasi inframerah dan sebagian lainnya dilewatkan atau ditransmisikan. Spektrum yang dihasilkan menunjukkan tingkat absorpsi dan transmisi molekul yang membentuk sidik jari molekul sampel. Struktur sidik jari ini berbeda-beda tergantung pada komposisi kimia sampel. FT-IR digunakan untuk mengidentifikasi material yang tidak diketahui, mengevaluasi kualitas sampel, dan menentukan komposisi komponen dalam campuran (Hendrawati, M. S. 2023).

3. Analisis SEM

Metode scanning electron microscopy digunakan untuk mengamati struktur morfologi film. Potongan sampel dipotong dan ditempatkan pada perekat karbon (Hendrawati, M. S. 2023). Hasil analisis SEM menunjukkan distribusi partikel pengisi dalam matriks, memungkinkan penilaian apakah partikel pengisi tersebar merata atau tidak.

4. Pengujian ketahanan air

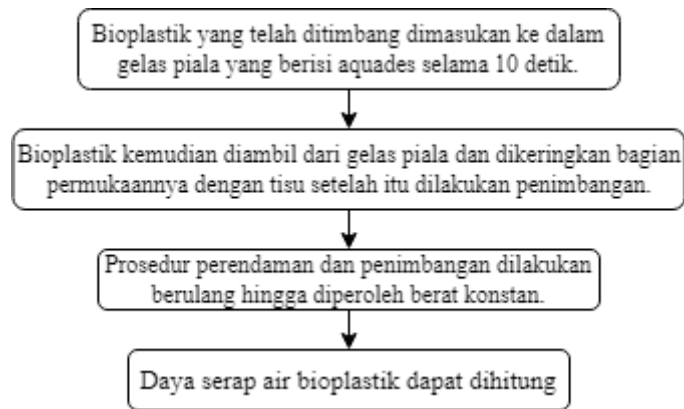
Bioplastik yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam gelas piala yang berisi aquades selama 10 detik. Bioplastik kemudian diambil dari gelas piala dan dikeringkan bagian permukaannya dengan tisu setelah itu dilakukan penimbangan. Prosedur perendaman dan penimbangan dilakukan berulang hingga diperoleh berat konstan. Daya serap air bioplastik dapat dihitung berdasarkan Persamaan (Sunardi, P. D., et al. 2020).

$$\text{Daya Serap Air (\%)} : \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\%$$

Keterangan :

w = berat bioplastik basah (g)

wo = berat bioplastik kering (g)



Gambar 3.26 Flowchart Analisis Uji Ketahanan Air

5. Pengujian kadar air bioplastik

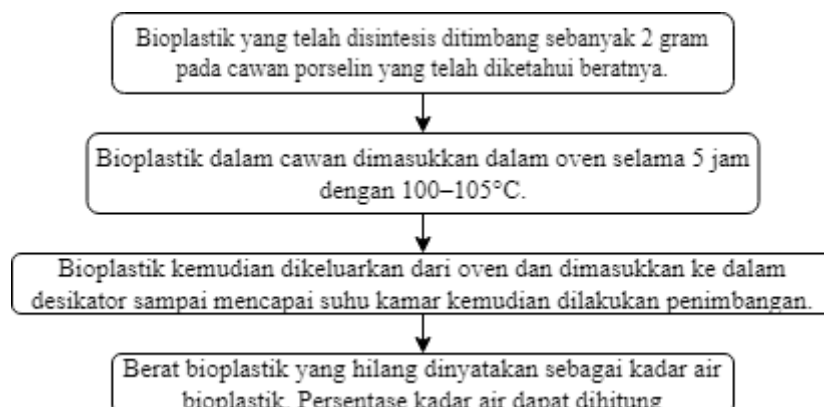
Bioplastik yang telah disintesis ditimbang sebanyak 2 gram pada cawan porselin yang telah diketahui beratnya. Bioplastik dalam cawan dimasukkan dalam oven selama 5 jam dengan 100–105°C. Bioplastik kemudian dikeluarkan dari oven dan dimasukkan ke dalam desikator sampai mencapai suhu kamar kemudian dilakukan penimbangan. Pemanasan dan penimbangan dilakukan berulang sampai didapat berat yang konstan (selisih antara penimbangan berturut-turut 0,002 gram). Berat bioplastik yang hilang dinyatakan sebagai kadar air bioplastik. Persentase kadar air dapat dihitung berdasarkan Persamaan (Sunardi, et al. 2020).

$$\text{Kadar Air (\%)} : \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\%$$

Keterangan:

w = berat bioplastik akhir (g)

wo = berat bioplastik awal (g)



Gambar 3.27 Flowchart Analisis Uji kadar air

6. Pengujian kelarutan bioplastik

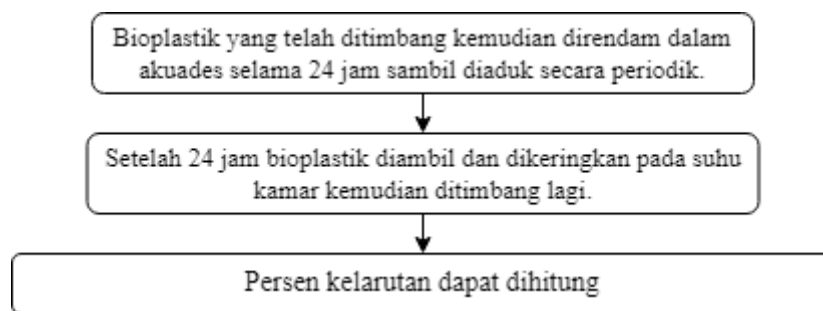
Bioplastik yang telah ditimbang kemudian direndam dalam akuades selama 24 jam sambil diaduk secara periodik. Setelah 24 jam bioplastik diambil dan dikeringkan pada suhu kamar kemudian ditimbang lagi. Persen kelarutan dapat dihitung berdasarkan Persamaan (Sunardi, et al. 2020).

$$\text{Kelarutan (\%)} : \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\%$$

Keterangan :

W_o = berat bioplastik sebelum dilarutkan (g)

W = berat bioplastik setelah dilarutkan (g)



Gambar 3.28 Flowchart Analisis Uji Kelarutan.

7. Pengujian Densitas

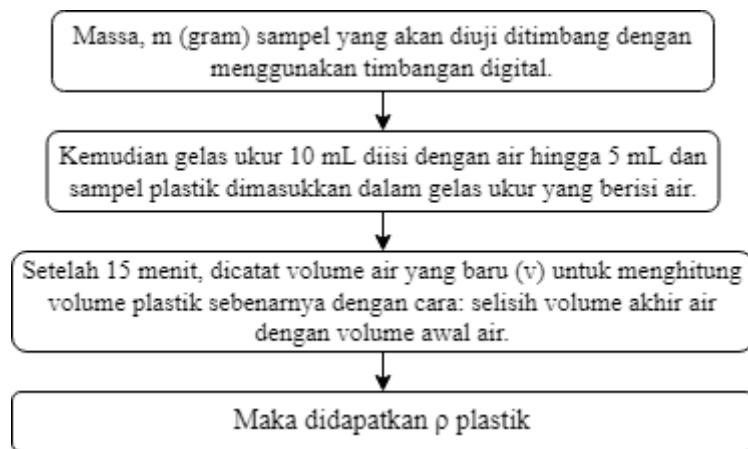
Prosedur penentuan densitas bioplastik adalah sebagai berikut. Massa, m (gram) sampel yang akan diuji ditimbang dengan menggunakan timbangan digital. Kemudian gelas ukur 10 mL diisi dengan air hingga 5 mL dan sampel plastik dimasukkan dalam gelas ukur yang berisi air. Setelah 15 menit, dicatat volume air yang baru (v) untuk menghitung volume plastik sebenarnya dengan cara: selisih volume akhir air dengan volume awal air. Maka didapatkan p plastik dengan persamaan (Darni, Y., et al. 2014) :

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Keterangan :

M = Massa (gr), dan

$V = \text{Volume (mL)}$



Gambar 3.29 Flowchart Analisis Uji Densitas.

8. Pengujian Kekuatan Tarik dan Mulur Bioplastik

Pengujian kekuatan tarik dan mulur menggunakan alat uji tenso lab atau MESDAN LAB. S.p.a, model tenso 300, dan *type* : 168E. Potongan sampel dipotong dengan ukuran 2,5 cm x 5-15 cm, kemudian jepit material yang akan diuji diantara dua penjepit di alat tenso lab, bahan material tersebut akan ditarik ke atas dan terdeteksi nilai kekuatan tarik dan mulurnya. Maka, secara otomatis akan menampilkan rata-rata nilai pada layar komputer dengan tiga kali test. Hal ini bertujuan untuk pemenuhan syarat baku mutu kantong plastik mudah terurai pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 7818 : 2014.

9. Pengujian Ketebalan Plastik

Pengujian ketebalan menggunakan alat uji *thickness gauge* tester YG 1410/No. : 16182. Penjepit bahan akan naik dulu dan turun kembali dan akan menekan ditambah beban standar pemberat pada penjepit khusus dengan beban status 100Cn. Maka, secara otomatis akan menampilkan rata-rata nilai pada layar komputer dengan tiga kali test. Hal ini bertujuan untuk pemenuhan syarat baku mutu kantong plastik mudah terurai pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 7818 : 2014.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Analisis Kadar Selulosa dan Lignin

Bahan bioplastik dari jerami padi diuji kandungan selulosa dan ligninnya menggunakan metode chesson. Perlakuan ini memiliki tujuan untuk mengetahui perbandingan analisis kadar selulosa dan lignin terhadap dua metode yang diaplikasikan yakni metode biologi dan metode kimia. Berikut merupakan tabel 4.1 mengenai analisis kadar selulosa dan lignin dan dilanjutkan dengan metode perhitungannya (Hendrawati, M. S. 2023) ;

Tabel 4.1 Analisis Kadar Selulosa dan Lignin Bioplastik

Analisis Kadar Selulosa dan Lignin		
Parameter	Analisis	
	KIMIA (gr)	BIOLOGI (gr)
Berat awal (a)	1	1
Penimbangan ke-2 (b)	0.457	0.823
Penimbangan ke-3 (c)	0.394	0.572
Penimbangan ke-4 (d)	0.033	0.063
Berat Akhir (e)	0.028	0.04
Kadar Selulosa	0.361	0.509
Kadar Lignin	0.005	0.023

- **Data Perhitungan Analisis Kimia**

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar selulosa} &= \frac{c-d}{a} \times 100\% \\
 &= \frac{0.394-0.033}{1} \times 100\% \\
 &= 0.361 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar lignin} &= \frac{d-e}{1} \times 100\% \\
 &= \frac{0.033-0.028}{1} \times 100\% \\
 &= 0.005 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

- **Data Perhitungan Analisis Biologi**

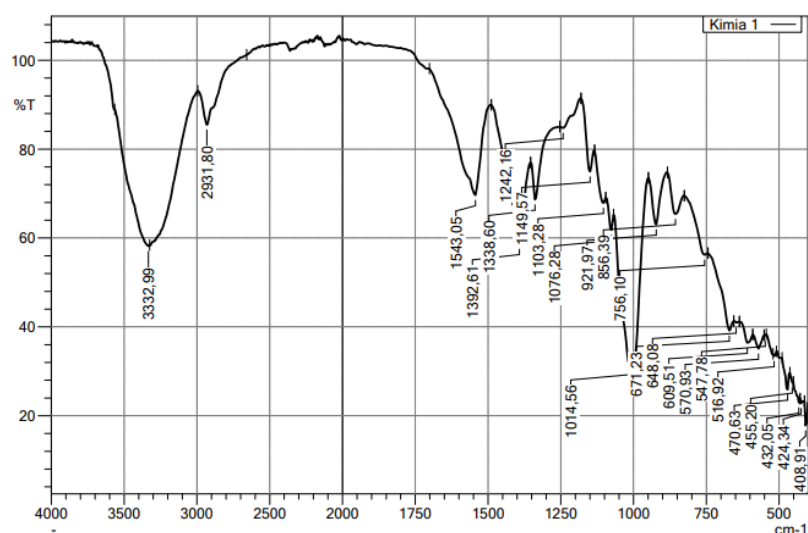
$$\text{Kadar selulosa} = \frac{c-d}{a} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0.572-0.063}{1} \times 100\% \\
&= 0.509 \text{ gram} \\
\text{Kadar lignin} &= \frac{d-e}{1} \times 100\% \\
&= \frac{0.063-0.04}{1} \times 100\% \\
&= 0.023 \text{ gram.}
\end{aligned}$$

4.1.2 Analisis FTIR

A. Analisis FTIR Kimia

Berikut merupakan hasil FTIR untuk mengidentifikasi material pada bioplastik dengan pembuatan metode kimia yang tidak diketahui, mengevaluasi kualitas sampel bioplastik, dan menentukan komposisi komponen dalam campuran bahan bioplastik (Hendrawati, M. S. 2023);



Gambar 4.1 Analisis Hasil FTIR Bioplastik Pembuatan Metode Kimia.

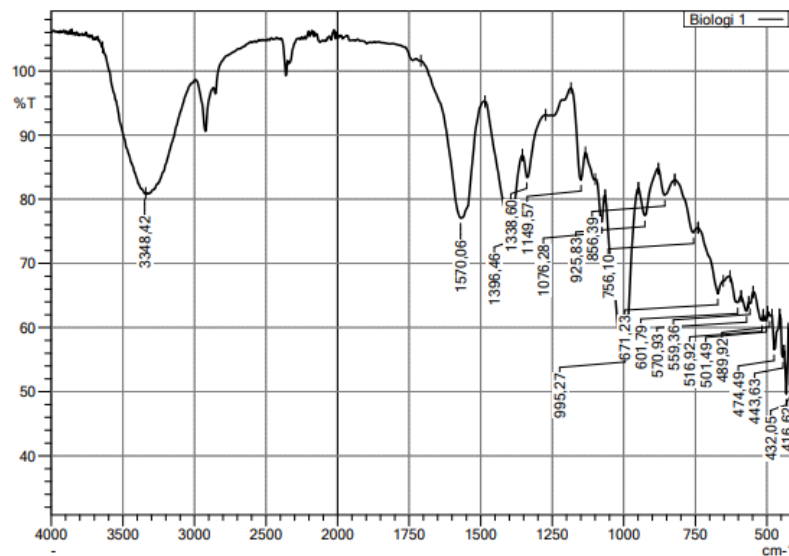
Berikut tabel 4.2 merupakan hasil analisa FTIR bioplastik metode kimia berupa analisa gugus fungsi yang didapatkan dari pengujian FTIR pada gambar 4.1, yaitu berikut ini;

Tabel 4.2 Gugus Fungsi Hasil Analisis FTIR Bioplastik Metode Kimia

No.	Bilangan Gelombang (Cm^{-1})	Gugus Fungsi
1	3332,99	O-H
2	2931,80	C-H
3	1543,05	C=C
4	1392,61 ; 1338,60	C-O
5	1014,56	C-N

B. Analisis FTIR Biologi

Berikut merupakan hasil FTIR untuk mengidentifikasi material pada bioplastik dengan pembuatan metode biologi yang tidak diketahui, mengevaluasi kualitas sampel bioplastik, dan menentukan komposisi komponen dalam campuran bahan bioplastik (Hendrawati, M. S. 2023);



Gambar 4.2 Analisis Hasil FTIR Bioplastik Pembuatan Metode Biologi.

Berikut tabel 4.3 merupakan hasil analisa FTIR bioplastik metode biologi berupa analisa gugus fungsi yang didapatkan dari pengujian FTIR pada gambar 4.2, yaitu berikut ini;

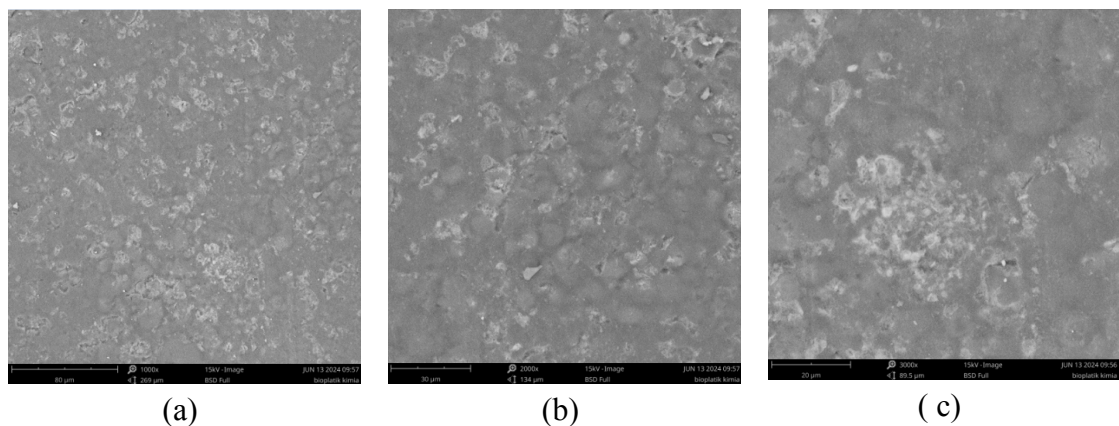
Tabel 4.3 Gugus Fungsi Hasil Analisis FTIR Bioplastik Metode Biologi

No.	Bilangan Gelombang (Cm^{-1})	Gugus Fungsi
1	3348,42	O-H
2	2940	C-H
3	1570,06	C=C
4	1396,46 ; 1338,60	C-O
5	1076,28	C-N

4.1.3 Analisis SEM(*Scanning Electron Microscopy*)

Hasil analisis dilakukan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Pada gambar 4.3 dan gambar 4.4 terlihat tampilan mikroskopis masing-masing sampel film. hasil gambar yang telah didapatkan memiliki berbagai macam ciri khas, dengan masing-masing dilakukan perbesaran dengan skala 1000 kali, 2000 kali, dan 3000 kali baik itu sampel bioplastik dari metode kimia dan sampel bioplastik dari metode biologi, dengan membedakan struktur permukaan film yang satu dengan yang lain. Dalam hal ini, permukaan dan homogenitas film plastik yang terdiri dari serat selulosa jerami padi, pati singkong, polivinil alkohol (PVA), ZnO, dan gliserol dilihat.

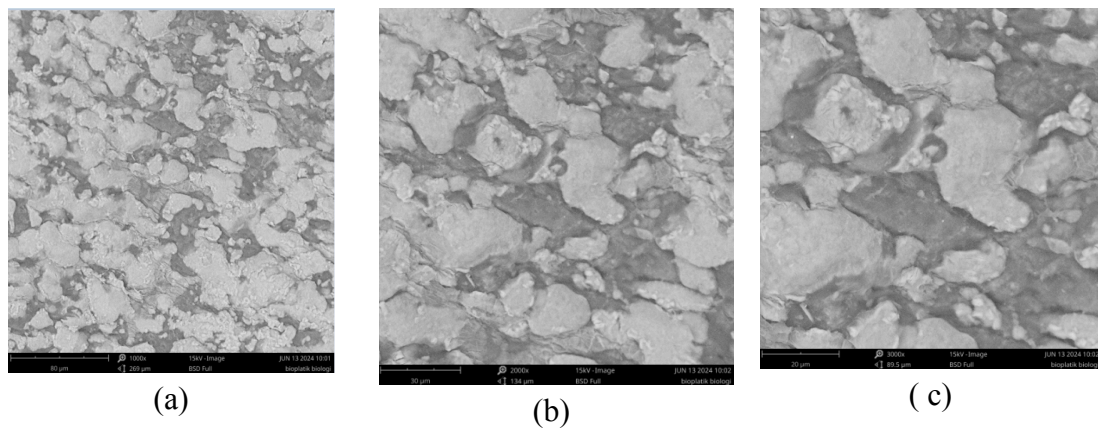
A. Analisis SEM Kimia



Gambar 4.3 Perbesaran 1000x Terlihat Granula (a), Perbesaran 2000x Terlihat Bercak Campuran Tidak Homogen (b), dan Perbesaran 3000x Terlihat Adanya Penumpukan Selulosa (c)

Film bioplastik yang dibuat menggunakan metode kimiawi ini terdiri dari campuran 0,3 g selulosa dari jerami padi yang telah mengalami delignifikasi dengan pelarut organik (n-heksana dan metanol), 5 g pati singkong, 0,3 g PVA, 0,3 g ZnO, dan 0,3 mL gliserol. Mikroskopis dari film ini ditunjukkan pada Gambar 4.3 dengan pembesaran 1000x, 2000x, dan 3000x. Pada pembesaran 1000x, terlihat granula pada sampel film bioplastik. Pada pembesaran 2000x, terlihat bercak campuran yang tidak homogen dan permukaan yang tidak rata. Kehomogenan pati dan PVA dalam bioplastik diindikasikan oleh jumlah retakan pada sampel plastik; semakin sedikit retakan, semakin homogen campurannya. Pecahan pada film bioplastik diduga disebabkan oleh perilaku anti-plastisasi gliserol, yang menurunkan sifat bioplastik menjadi polimer. Liu et al. (2013) menyarankan bahwa peningkatan konsentrasi gliserol dapat mengurangi perilaku anti-plastisasi dengan membentuk ikatan hidrogen antara pati dan gliserol. Pada pembesaran 3000x, terlihat adanya penumpukan serat selulosa yang tidak terdistribusi secara merata. Teori mendukung bahwa peningkatan kandungan bahan pengisi menyebabkan terbentuknya aglomerat besar pada partikel pengisi. Tingkat aglomerasi yang tinggi melemahkan interaksi antara pengguna dan matriks. Selain itu, penurunan kekuatan tarik juga dapat disebabkan oleh ketidakmampuan pengisi mendukung transfer tegangan yang merata dari matriks, sehingga mekanisme penguatan oleh pengisi tidak terjadi dengan baik (Adryani dan Maulida, 2014).

B. Analisis SEM Biologi



Gambar 4.4 Pembesaran 1000x Terlihat Penumpukan serat Selulosa (a), Pembesaran 2000x Terlihat Penumpukan serat Selulosa (b), dan Pembesaran 3000x Terlihat Penumpukan serat Selulosa (c)

Film bioplastik yang dibuat menggunakan metode biologi terdiri dari campuran 0,3 g selulosa dari jerami padi yang telah didelignifikasi menggunakan *fungi T. versicolor*; 5 g pati singkong; 0,3 g PVA; 0,3 g ZnO; dan 0,3 mL gliserol. Mikroskopis dari film ini ditunjukkan pada Gambar 4.4 dengan pembesaran 1000x, 2000x, dan 3000x. Pada gambar tersebut, terlihat penumpukan serat selulosa yang tidak terdistribusi secara merata pada ketiga tingkat pembesaran. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kandungan lignin yang masih cukup tinggi dalam bioplastik yang menggunakan *T. versicolor* sebagai pendegradasi kandungan lignin. Teori mendukung bahwa lignin berfungsi utama untuk mengikat serat menjadi satu, memberikan kekakuan struktural, dan menciptakan material komposit yang sangat tahan terhadap benturan, kompresi, dan tekukan (Jakob et al., 2022).

4.1.4 Pengujian Ketahanan Air

Pada pengujian ketahanan air maka daya serap air bioplastik berbahan dasar jerami padi dengan menggunakan metode kimia dan biologi dapat dihitung dan dianalisis berdasarkan Persamaan (Díez-Pascual et al. 2014), yakni sebagai berikut ;

Tabel 4.4 Pengujian Ketahanan Air

Analisis Uji Ketahanan Air		
Parameter	Analisis	
	KIMIA (gr)	BIOLOGI (gr)
Berat awal (Wo)	0.5	0.5
Berat Akhir (W)	3.38	3.26
Kadar Daya Serap Air(%)	5.76	5.52

- **Data Perhitungan Analisis Kimia**

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0.5 - 3.38}{0.5} \times 100\% \\
 &= 5.76 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

- **Data Perhitungan Analisis Biologi**

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0.5 - 3.26}{0.5} \times 100\% \\
 &= 5.52 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

4.1.5 Pengujian Kadar Air

Pada pengujian kadar air maka bioplastik berbahan dasar jerami padi dengan menggunakan metode kimia dan biologi dapat dianalisa melalui berat bioplastik yang hilang dinyatakan sebagai kadar air bioplastik. Persentase kadar air dapat dihitung berdasarkan Persamaan (Balakrishna et al. 2014), yakni sebagai berikut ;

Tabel 4.5 Pengujian Kadar Air

Analisis Uji Kadar Air		
Parameter	Analisis	
	KIMIA (gr)	BIOLOGI (gr)
Berat awal (Wo)	1	1
Berat Akhir (W)	0.87	0.82
Kadar Air(%) ((W-Wo)/Wo) x 100%	0.13	0.18

- **Data Perhitungan Analisis Kimia**

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air (\%)} &= \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{1 - 0.87}{1} \times 100\% \\ &= 0.13 \text{ gram}\end{aligned}$$

- **Data Perhitungan Analisis Biologi**

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air (\%)} &= \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{1 - 0.82}{1} \times 100\% \\ &= 0.18 \text{ gram.}\end{aligned}$$

4.1.6 Pengujian Kelarutan

Pada pengujian kelarutan air maka bioplastik berbahan dasar jerami padi dengan menggunakan metode kimia dan biologi dapat dihitung dan dianalisis persen kelarutan berdasarkan Persamaan (Fadeyibi, A., et al. 2017).

Tabel 4.6 Pengujian Kelarutan

Analisis Uji Kelarutan		
Parameter	Analisis	
	KIMIA (gr)	BIOLOGI (gr)
Berat awal (Wo)	1	1
Berat Akhir (W)	0.71	0.87
Kelarutan(%) ((Wo-W)/Wo) x 100%	0.29	0.13

- **Data Perhitungan Analisis Kimia**

$$\begin{aligned}\text{Kelarutan (\%)} &= \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{1 - 0.71}{1} \times 100\% \\ &= 0.29 \text{ gram}\end{aligned}$$

- **Data Perhitungan Analisis Biologi**

$$\begin{aligned}\text{Kelarutan (\%)} &= \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{1 - 0.87}{1} \times 100\% \\ &= 0.13 \text{ gram}\end{aligned}$$

4.1.7 Pengujian Densitas

Pada pengujian densitas maka bioplastik berbahan dasar jerami padi dengan menggunakan metode kimia dan biologi untuk menghitung volume plastik sebenarnya dengan cara: selisih volume akhir air dengan volume awal air. Maka didapatkan ρ plastik dengan persamaan (Darni, Y., et al. 2014), yakni sebagai berikut ;

Tabel 4.7 Pengujian Densitas

Analisis Uji Densitas		
Parameter	Analisis	
	KIMIA (gr)	BIOLOGI (gr)
Volume awal (Vo)	15	15
Volume Akhir (V)	17	17
Volume Bioplastik (Vo - V)	2.00	2.00
Massa (gr)	0.5	0.5
Densitas (M/V)	0.25	0.25

- **Data Perhitungan Analisis Kimia**

$$\begin{aligned}\text{Densitas } (\rho) &= \frac{M}{V} \\ &= \frac{0.5}{2} \times 100\% \\ &= 0.25\end{aligned}$$

- **Data Perhitungan Analisis Biologi**

$$\begin{aligned}\text{Densitas } (\rho) &= \frac{M}{V} \\ &= \frac{0.5}{2} \times 100\% \\ &= 0.25\end{aligned}$$

4.1.8 Pengujian Kekuatan Tarik dan Mulur Bioplastik

Pada pengujian kekuatan tarik dan mulur bioplastik maka bioplastik berbahan dasar jerami padi dengan menggunakan metode kimia dan biologi untuk menghitung rata-rata nilai kekuatan dan mulur plastik sebenarnya dengan cara perlakuan pengujian dengan tiga kali test dan mengambil nilai rata-rata test yang dilakukan, yakni sebagai berikut bertujuan untuk pemenuhan SNI 7818 : 2014 tentang kantong plastik mudah terurai ;

Tabel 4.8 Pengujian Kekuatan Tarik dan Mulur Bioplastik

Kode Sampel	Uji ke	Nilai Uji Kekuatan Tarik & Mulur Bioplastik	
		Nilai Kekuatan (N)	Nilai Kemuluran (%)
Kimia	1	8.829	1.200
	2	10.791	1.200
	3	11.772	1.799
Rata-Rata		10.464	1.400
Biologi	1	8.829	1.600
	2	8.829	1.000
	3	7.848	0.800
Rata-Rata		8.502	1.133

- **Data Perhitungan rata-rata nilai uji kekuatan (N)**

$$\text{Nilai kekuatan (N) Kimia} = \frac{(8.829 + 10.791 + 11.772)}{3} = 10.464 \text{ N}$$

$$\text{Nilai kekuatan (N) Biologi} = \frac{(8.829 + 8.829 + 7.848)}{3} = 8.502 \text{ N}$$

- **Data Perhitungan rata-rata nilai uji kemuluran (%)**

$$\text{Nilai kemuluran (%) Kimia} = \frac{(1.200 + 1.200 + 1.799)}{3} = 1.400 \%$$

$$\text{Nilai kemuluran (%) Biologi} = \frac{(1.600 + 1.000 + 0.800)}{3} = 1.133 \%$$

4.1.9 Pengujian Ketebalan Plastik

Pada pengujian ketebalan bioplastik maka bioplastik berbahan dasar jerami padi dengan menggunakan metode kimia dan biologi untuk menghitung rata-rata nilai ketebalan plastik sebenarnya dengan cara perlakuan pengujian dengan tiga kali test dan mengambil nilai rata-rata test yang dilakukan, yakni sebagai berikut bertujuan untuk pemenuhan SNI 7818 : 2014 tentang kantong plastik mudah terurai ;

Tabel 4.9 Pengujian Ketebalan Plastik

Kode Sampel	Nilai Ketebalan Bioplastik (mm)
Kimia	0.265
	0.275
	0.312
Rata-Rata	0.284
Biologi	0.321
	0.310
	0.368
Rata-Rata	0.333

- **Data Perhitungan rata-rata nilai uji ketebalan (mm)**

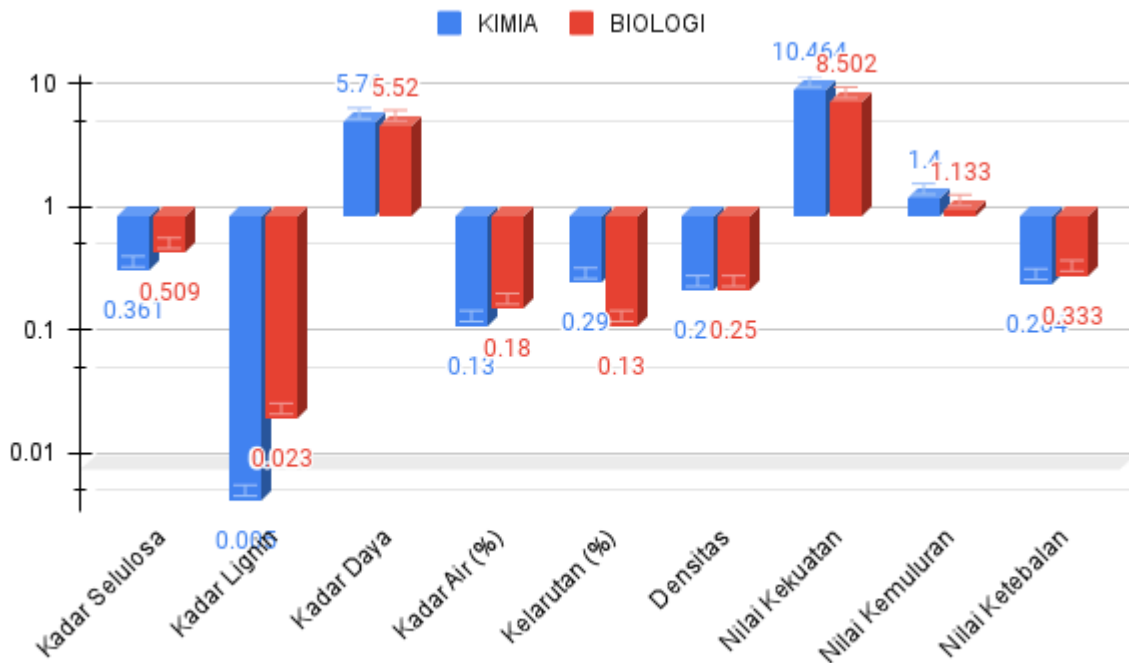
$$\text{Nilai ketebalan (mm) Kimia} = \frac{(0.265 + 0.275 + 0.312)}{3} = 0.284 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai ketebalan (mm) Biologi} = \frac{(0.321 + 0.310 + 0.368)}{3} = 0.333 \text{ mm}$$

4.2 Pembahasan

4.2.1 Perbandingan Metode Kimia dan Metode Biologi

Pemanfaatan limbah pertanian berupa jerami padi menjadi bioplastik, yaitu plastik ramah lingkungan. Jerami merupakan sisa hasil pertanian yang memiliki nilai. Pemanfaatan limbah jerami sebagai bahan utama pembuatan bioplastik adalah bagian dari upaya mendukung pertanian berkelanjutan. Pembuatan bioplastik ini melalui dua metode: metode biologi yang menggunakan jamur *Trametes versicolor*, dan metode kimia yang menggunakan n-heksana dan metanol 96% untuk mendegradasi kandungan lignin pada jerami, sehingga hanya tersisa senyawa selulosa sebagai bahan utama penyusun bioplastik. Berikut merupakan perbandingan hasil analisa dari kedua metode tersebut, yakni pada gambar 4.5 dan tabel 4.10 berikut ini ;



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Analisa Metode Kimia dan Metode Biologi

Tabel 4.10 Perbandingan Spesifikasi Parameter Uji dengan Standar Baku Mutu

Spesifikasi	Swelling (%)	Kadar Air (%)	Kelarutan (%)	Densitas	Kekuatan (MPa)	Kemuluran (%)	Ketebalan (mm)
Kimia	5,76	0,13	0,29	0,25	0,010	1,400	0,284
Biologi	5,52	0,18	0,13	0,25	0,0085	1,133	0,333
Plastik Konvensional	PET 0,15	PET 0,5	PET 0,03	PET 1,38	PBAT 9	HDPE 2,300	PBAT 0,055
Standar Kualitas	73% ⁽⁵⁾	1 ⁽¹⁾	0,5 ⁽²⁾	0,83 ⁽³⁾	13,7 ⁽⁴⁾	400 – 1120 ⁽⁴⁾	-

*Keterangan:

PET = *Polietilen Terphthalat*, PBAT = *Poly(butylene adipate-co-terphthalate)*, HDPE = *High Density Polyethylene*

** (1) Chairul, et al. 2015. (2) Mitsuhiro, et al. 2005. (3) Ronald, et al. 2016. (4) SNI 7818-2014 tentang Kantong Plastik Mudah Terurai. (5) Maladi, I. (2019).

Tabel 4.11 Perbandingan Metode Kimia dan Biologi

Metode	Kelebihan	Kekurangan
Kimia		
<ul style="list-style-type: none"> Delignifikasi : N-heksana dan Metanol 96% N-Heksana untuk melarutkan gugus non-polar dari kandungan lignin dan pelarut organik metanol untuk melarutkan gugus polar dari kandungan lignin, (Huang et al. 2019). De-Hemiselulosa : NaOH 6% dan HCl 5% Penggunaan NaOH menurut Kunusa, et al. (2017) yakni terjadinya hidrolisis basa dilakukan untuk memotong rantai hemiselulosa agar terpisah dari rantai utama yaitu selulosa. Asam klorida (HCl) bertujuan untuk melarutkan 	<p>Metode kimia lebih efektif dalam meningkatkan ketahanan air dan menghasilkan bioplastik dengan kadar air lebih rendah, menunjukkan stabilitas terhadap kelembaban.</p>	<p>Metode kimia menghasilkan kadar selulosa yang lebih rendah dibandingkan dengan metode biologi. Keberadaan selulosa dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik bioplastik, yakni kekuatan, elastisitas dan peningkatan tingkat degradasi bioplastik (Fadilla et al. 2023).</p>

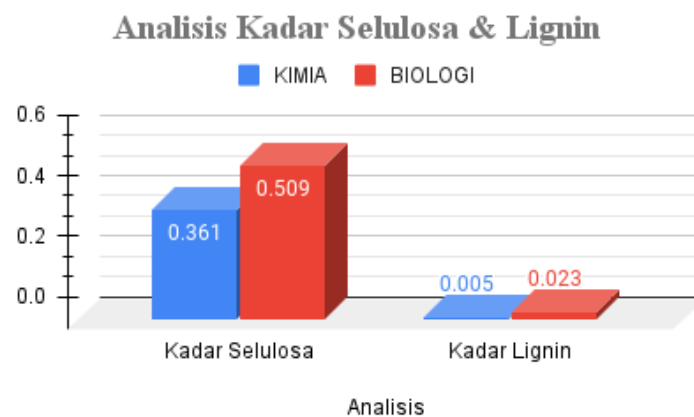
hemiselulosa sehingga hanya selulosa yang tersisa dalam pulp jerami padi. (Monariqsa et al. 2012)		
---	--	--

Biologi

<ul style="list-style-type: none"> Delignifikasi : Jamur <i>Trametes Versicolor</i> Jamur ini memiliki enzim pendegradasi lignin yang lengkap, dan mampu menghasilkan enzim ligninase lebih cepat daripada <i>P. chrysosporium</i> (Hossain & Ananthraman, 2006). De-Hemiselulosa : NaOH 6% dan HCl 5% Penggunaan NaOH menurut Kunusa, et al. (2017) yakni terjadinya hidrolisis basa dilakukan untuk memotong rantai hemiselulosa agar 	<p>Metode biologi lebih efektif dalam meningkatkan kadar selulosa dan mengurangi kelarutan, yang penting untuk ketahanan terhadap kelarutan dalam air</p>	<p>Metode biologi memiliki nilai kekuatan dan nilai kemuluran yang lebih rendah dibandingkan dengan metode kimia</p>
---	---	--

terpisah dari rantai utama yaitu selulosa. Asam klorida (HCl) bertujuan untuk melarutkan hemiselulosa sehingga hanya selulosa yang tersisa dalam pulp jerami padi. (Monariqsa et al. 2012)		
--	--	--

4.2.2 Pembahasan Analisis Kadar Selulosa dan Lignin



Gambar 4.5 Grafik Analisis Kadar Selulosa dan Lignin.

Hasil analisis kadar selulosa dan lignin menunjukkan perbedaan yang signifikan antara metode kimia dan metode biologi dalam pengolahan jerami untuk pembuatan bioplastik. Pada metode kimia, kadar selulosa yang dihasilkan adalah 0,361 gram, sedangkan kadar lignin adalah 0,005 gram. Sebaliknya, pada metode biologi yang menggunakan fungi *Trametes versicolor*, kadar selulosa yang dihasilkan adalah 0,509 gram dan kadar lignin adalah 0,023 gram.

Berdasarkan hasil ini, metode biologi tampak lebih efektif untuk pembuatan bioplastik dari jerami, karena menghasilkan kadar selulosa yang lebih tinggi, yaitu 0,509 gram dibandingkan dengan 0,361 gram pada metode kimia. Tingginya kadar selulosa merupakan faktor penting dalam produksi bioplastik yang berkualitas. Meskipun kadar lignin pada metode biologi lebih tinggi (0,023 gram) dibandingkan dengan metode kimia (0,005 gram), selulosa yang lebih tinggi menunjukkan potensi yang lebih baik dalam menghasilkan bioplastik yang lebih kuat dan tahan lama. Keberadaan selulosa dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik bioplastik, yakni kekuatan, elastisitas dan peningkatan tingkat degradasi bioplastik (Fadilla et al. 2023). Oleh karena itu, metode biologi dengan *fungi Trametes versicolor* lebih disarankan untuk pemanfaatan jerami dalam pembuatan bioplastik.

4.2.3 Pembahasan Analisis FTIR

A. Analisis Gugus Fungsi pada Bioplastik Menggunakan Pelarut Organik.

Tabel 4.12 Pembahasan Gugus Fungsi Hasil Analisis FTIR Bioplastik Metode Kimia

No.	Bilangan Gelombang (Cm^{-1})	Gugus Fungsi
1	3332,99	O-H
2	2931,80	C-H
3	1543,05	C=C
4	1392,61 ; 1338,60	C-O
5	1014,56	C-N

Spektrum O-H karboksil pada bilangan gelombang $3332,99 \text{ Cm}^{-1}$, gugus -OH karboksil yang bertambah akan menyebabkan terjadinya pelebaran luas area dikarenakan bertambahnya gugus -OH karboksil pada pati. Banyaknya gugus -OH karboksil sangat memungkinkan berikatan dengan air. selain gugus hidroksida (OH),

terdapat juga C-H alifatik $2931,80\text{ }Cm^{-1}$, gugus C-H tersebut merupakan gugus utama penyusun bioplastik. Muncul vibrasi pada panjang gelombang $1543,05\text{ }Cm^{-1}$ yang merupakan spektrum C=C mengindikasikan adanya senyawa lignin.

Bioplastik memiliki gugus C-O ester pada panjang gelombang $1392,61\text{ }Cm^{-1}$ dan $1338,60\text{ }Cm^{-1}$. Keberadaan gugus O-H karboksil dan C-O ester menyebabkan pati dapat terdegradasi oleh alam (Darni dan Herti, 2010). Vibrasi C-N pada panjang gelombang $1014,56\text{ }Cm^{-1}$ pada bioplastik menandakan adanya pati kulit singkong dalam bioplastik.

B. Analisis Gugus Fungsi pada Bioplastik Menggunakan *Fungi T. Versicolor*.

Tabel 4.13 Pembahasan Gugus Fungsi Hasil Analisis FTIR Bioplastik Metode Biologi

No.	Bilangan Gelombang (Cm^{-1})	Gugus Fungsi
1	3348,42	O-H
2	2940	C-H
3	1570,06	C=C
4	1396,46 ; 1338,60	C-O
5	1076,28	C-N

Spektrum O-H karboksil pada bilangan gelombang $3348,42\text{ }Cm^{-1}$, gugus -OH karboksil yang bertambah akan menyebabkan terjadinya pelebaran luas area dikarenakan bertambahnya gugus -OH karboksil pada pati. Banyaknya gugus -OH karboksil sangat memungkinkan berikatan dengan air. selain gugus hidroksida (OH), terdapat juga C-H alifatik $2940\text{ }Cm^{-1}$, gugus C-H tersebut merupakan gugus utama penyusun bioplastik. Muncul vibrasi pada panjang gelombang $1570,06\text{ }Cm^{-1}$ yang merupakan spektrum C=C mengindikasikan adanya senyawa lignin.

Bioplastik memiliki gugus C-O ester pada panjang gelombang $1396,46\text{ }Cm^{-1}$ dan $1338,60\text{ }Cm^{-1}$. Keberadaan gugus O-H karboksil dan C-O ester menyebabkan pati dapat terdegradasi oleh alam (Darni dan Herti, 2010). Vibrasi C-N pada panjang

gelombang $1076,28\text{ Cm}^{-1}$ pada bioplastik menandakan adanya pati kulit singkong dalam bioplastik.

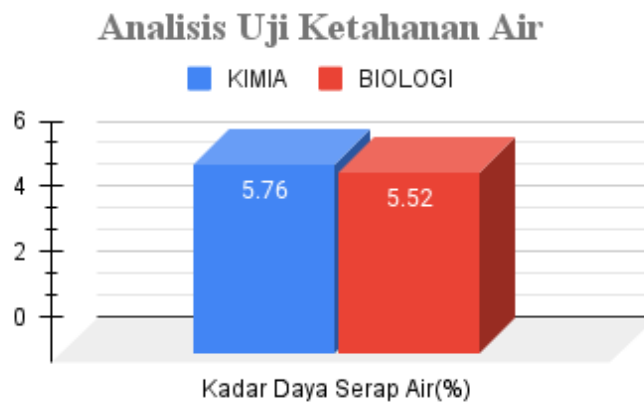
Berdasarkan hasil analisa kedua film bioplastik tersebut, maka perbedaan pada spektra FTIR bioplastik yang menggunakan pelarut organik dan bioplastik yang menggunakan *T. Versicolor* hanya terjadi penurunan nilai transmisi dan pergeseran gugus fungsional dan tidak terlihat adanya puncak gugus fungsi baru yang muncul. hal ini menunjukkan bahwa bioplastik yang terbentuk merupakan hasil pencampuran secara fisik (Darni et al. 2010).

4.2.4 Analisis SEM(*Scanning Electron Microscopy*)

Berdasarkan hasil analisa pada gambar 4.3 dan 4.4, film bioplastik yang delignifikasi menggunakan jenis pelarut organik yakni granula dalam film tersebut terlihat pada perbesaran 1000x, pada perbesaran 2000x terlihat bahwa permukaan film tersebut tidak homogen, hal ini terduga akibat PVA yang tidak larut sempurna dan perlu ditingkatkan konsentrasi gliserol sebagai anti-plastisasi. Sedangkan perbesaran 3000x, terlihat penumpukan serat selulosa yang tidak terdistribusi secara merata, hal ini terduga akibat tidak larutnya serat selulosa tersebut, sehingga terjadi penumpukan.

Berdasarkan hasil analisa pada gambar 4.3 dan 4.4, film bioplastik yang delignifikasi menggunakan jenis fungi *T. Versicolor* yakni terlihat penumpukan serat selulosa yang tidak terdistribusi secara merata pada ketiga tingkat pembesaran. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kandungan lignin yang masih cukup tinggi dalam bioplastik yang menggunakan *T. versicolor* sebagai pendegradasi kandungan lignin. Teori mendukung bahwa lignin berfungsi utama untuk mengikat serat menjadi satu, memberikan kekakuan struktural, dan menciptakan material komposit yang sangat tahan terhadap benturan, kompresi, dan tekukan (Jakob et al., 2022).

4.2.5 Pembahasan Pengujian Ketahanan Air

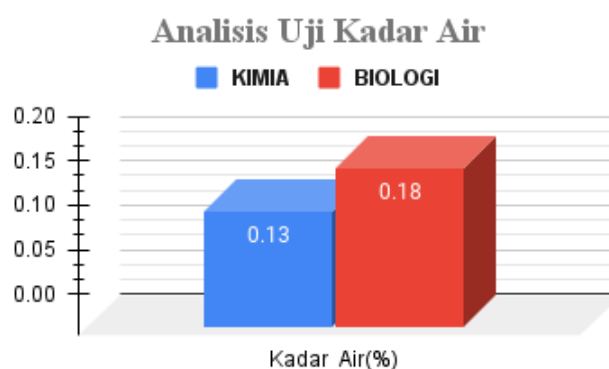


Gambar 4.6 Grafik Analisis Uji Ketahanan Air

Hasil analisis pengujian ketahanan air menunjukkan perbedaan antara metode kimia dan metode biologi dalam pengolahan jerami untuk pembuatan bioplastik. Pada metode kimia, nilai ketahanan air yang dihasilkan adalah 5,76%, sedangkan pada metode biologi yang menggunakan fungi *Trametes versicolor*, nilai ketahanan air yang dihasilkan adalah 5,52%. Meskipun selisihnya tidak besar, nilai ketahanan air pada metode kimia sedikit lebih tinggi dibandingkan metode biologi.

Dengan mempertimbangkan nilai ketahanan air yang dihasilkan, metode kimia tampak lebih unggul dalam hal ketahanan terhadap air, yang merupakan faktor penting dalam aplikasi bioplastik. Bioplastik dengan ketahanan air yang lebih tinggi cenderung lebih tahan lama dan fungsional dalam berbagai kondisi.

4.2.6 Pembahasan Pengujian Kadar Air

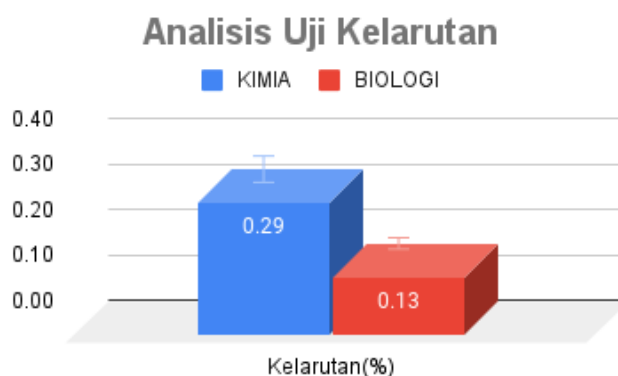


Gambar 4.7 Grafik Analisis Uji Kadar Air

Hasil analisis pengujian kadar air menunjukkan perbedaan antara metode kimia dan metode biologi dalam pengolahan jerami untuk pembuatan bioplastik. Pada metode kimia, kadar air yang dihasilkan adalah 0,13%, sedangkan pada metode biologi yang menggunakan *fungi Trametes versicolor*, kadar air yang dihasilkan adalah 0,18%. Nilai kadar air yang lebih rendah menunjukkan bahwa bioplastik yang dihasilkan memiliki sifat yang lebih stabil dan tahan terhadap degradasi akibat kelembaban.

Berdasarkan hasil ini, metode kimia tampak lebih baik dan efektif untuk pembuatan bioplastik dari jerami, karena menghasilkan bioplastik dengan kadar air yang lebih rendah (0,13%) dibandingkan metode biologi (0,18%). Kadar air yang lebih rendah dalam bioplastik berarti produk tersebut lebih tahan terhadap resapan air, yang dapat memperpanjang umur pakai dan meningkatkan kinerja dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap kelembaban. Sedangkan plastik konvensional yakni 0,01% kadar air karena plastik konvensional bersifat tidak menyerap udara (Nurlita et al. 2017).

4.2.7 Pembahasan Pengujian Kelarutan



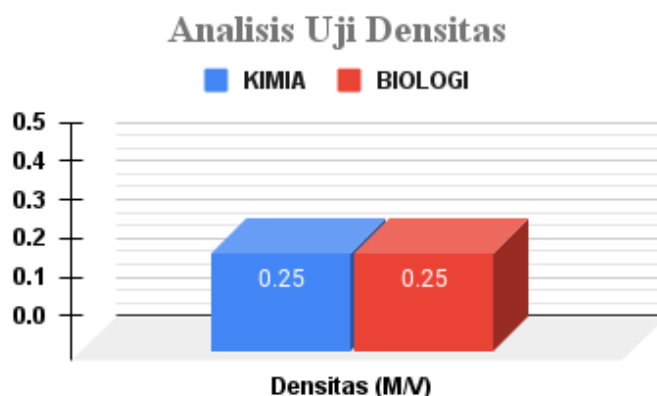
Gambar 4.8 Grafik Analisis Uji Kelarutan

Hasil analisis pengujian kelarutan menunjukkan perbedaan signifikan antara metode kimia dan metode biologi dalam pengolahan jerami untuk pembuatan bioplastik. Pada metode

kimia, kelarutan bioplastik yang dihasilkan adalah 0,29%, sedangkan pada metode biologi yang menggunakan *fungi Trametes versicolor*, kelarutan bioplastik yang dihasilkan adalah 0,13%. Nilai kelarutan yang lebih rendah menunjukkan bahwa bioplastik memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap pelarutan dalam air, yang merupakan sifat penting untuk aplikasi di lingkungan yang lembab atau berair.

Berdasarkan hasil ini, metode biologi tampak lebih baik dan efektif untuk pembuatan bioplastik dari jerami, karena menghasilkan bioplastik dengan kelarutan yang lebih rendah (0,13%) dibandingkan metode kimia (0,29%). Bioplastik dengan kelarutan rendah cenderung lebih stabil dan tahan lama, sehingga lebih cocok untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap air. Sedangkan plastik konvensional yakni 0,01% kadar kelarutan yang sangat rendah (Inayah, A., & Kusumayanti, H. 2022).

4.2.8 Pembahasan Pengujian Densitas

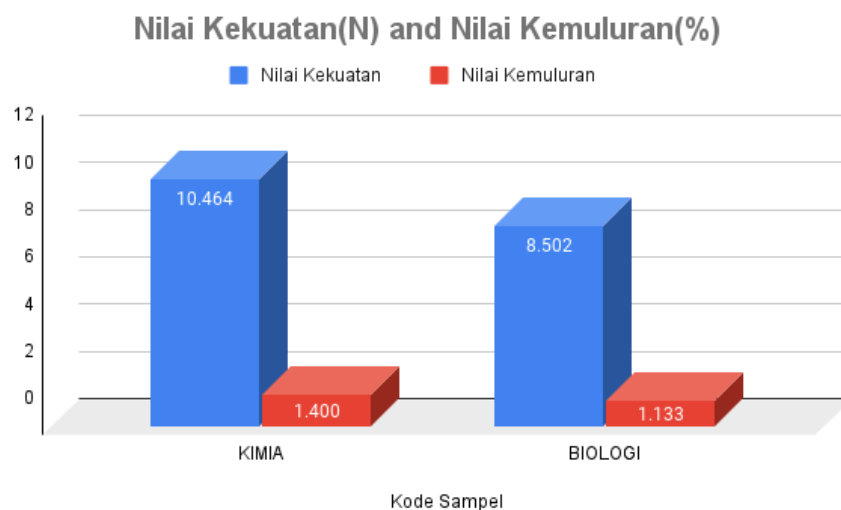


Gambar 4.9 Grafik Analisis Uji Densitas

Hasil analisis pengujian densitas menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan antara metode kimia dan metode biologi dalam pengolahan jerami untuk pembuatan bioplastik. Kedua metode menghasilkan densitas yang sama, yaitu 0,25. Densitas adalah salah satu faktor penting yang mempengaruhi sifat mekanik dan kestabilan bioplastik. Nilai densitas yang sama menunjukkan bahwa kedua metode menghasilkan bioplastik dengan kerapatan dan konsistensi material yang serupa, yang bisa memberikan performa yang setara dalam aplikasi praktis.

Namun, meskipun densitas yang dihasilkan oleh kedua metode sama, metode yang paling baik dan efektif untuk pembuatan bioplastik dari jerami tidak hanya bergantung pada densitas. Mengingat hasil analisis dari pengujian lainnya, seperti kadar air, kelarutan, dan kadar selulosa, metode biologi menggunakan *fungi Trametes versicolor* menunjukkan beberapa keunggulan penting, seperti kelarutan yang lebih rendah (0,13% dibandingkan 0,29% pada metode kimia) dan kadar selulosa yang lebih tinggi. Bioplastik dengan densitas tinggi maka porositasnya rendah, hal ini cenderung memiliki tingkat kekuatan yang lebih tinggi, karena struktur yang lebih padat dan minim ruang kosong memperkuat material secara keseluruhan. (Nugrahanto et al. 2021).

4.2.9 Pembahasan Pengujian Kekuatan Tarik dan Mulur Bioplastik



Gambar 4.10 Grafik Analisis Uji Kekuatan dan Mulur

Tabel 4.12 Perbandingan Analisis Uji Kuat Tarik dan Mulur

Sampel	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik (Kgf/cm^2)	Elongasi(%)
Kimia	0,010	0,1019	1,40
Biologi	0,0085	0,0865	1,13
*JIS Bioplastik	>3,92	-	>50
**SNI	13,7	139,74	400-1120

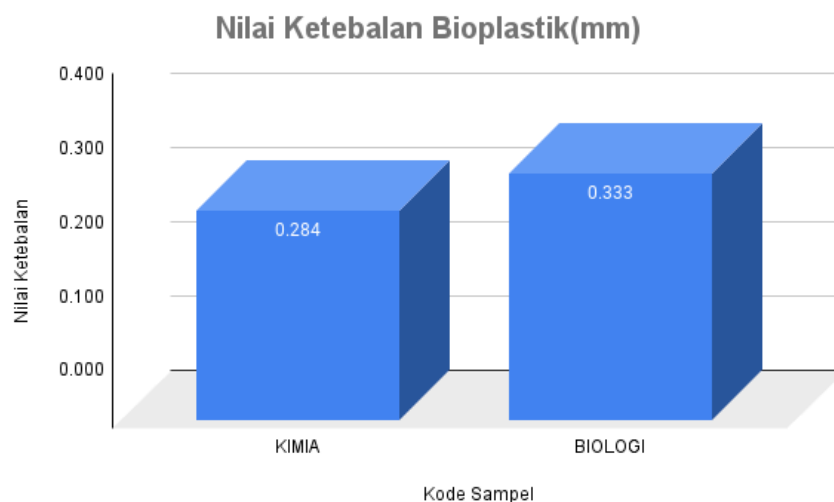
*Japanese Industrial Standard (JIS) dalam Rusli et al. (2017)

**SNI 7818-2014 tentang Kantong Plastik Mudah Terurai.

Hasil analisis pengujian nilai kekuatan tarik (N) pada metode kimia adalah 10.464 N dan metode biologi adalah 8.502 N. Baku mutu yang diterapkan *Japanese Industrial Standard* (JIS) dalam Rusli et al. (2017) yakni menggunakan *Megapascals*(MPa), dimana nilai kuat tarik metode kimia menjadi 0,010 MPa dan metode biologi 0,0085 MPa. Berdasarkan hasil analisis pengujian kuat tarik(MPa), maka dapat disimpulkan belum memenuhi baku mutu pengujian kuat tarik (MPa) dari *Japanese Industrial Standard* (JIS) dalam Rusli et al. (2017) yaitu dengan nilai baku mutu lebih dari 3,92 MPa.

Hasil analisis nilai elongasi/kemuluran(%) pada metode kimia adalah 1,40% dan metode biologis adalah 1,13%. Berdasarkan hasil analisis pengujian elongasi (%), maka dapat disimpulkan belum memenuhi baku mutu pengujian elongasi (%) dari *Japanese Industrial Standard* (JIS) dalam Rusli et al. (2017) yaitu dengan nilai baku mutu yang menjadi standar adalah lebih dari 50%.

4.2.10 Pembahasan Pengujian Ketebalan Plastik



Gambar 4.11 Grafik Analisis Uji Ketebalan

Tabel 4.13 Perbandingan Analisis Uji Ketebalan.

Sampel	Ketebalan (mm)
Kimia	0,28
Biologi	0,33
*JIS Bioplastik	<0,25

*Japanese Industrial Standard (JIS) dalam Rusli et al. (2017)

Hasil analisis pengujian nilai ketebalan bioplastik (mm) pada metode kimia adalah 0,28 mm dan metode biologi adalah 0.33 mm. Berdasarkan hasil analisis pengujian ketebalan(mm), maka dapat disimpulkan belum memenuhi baku mutu pengujian ketebalan(mm) dari *Japanese Industrial Standard* (JIS) dalam Rusli et al. (2017) yaitu dengan nilai baku mutu yang menjadi standar adalah tidak melebihi 0,25 mm.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis yang dilakukan, berikut adalah kesimpulan karakteristik dari efektivitas metode kimia dan metode biologi dalam pengolahan jerami untuk pembuatan bioplastik:

1. Kadar Selulosa dan Lignin:
 - Metode Biologi: Menghasilkan kadar selulosa yang lebih tinggi (0,509 gram) dan kadar lignin yang lebih rendah (0,023 gram).
 - Metode Kimia: Menghasilkan kadar selulosa yang lebih rendah (0,361 gram) dan kadar lignin yang lebih rendah (0,005 gram).
2. Ketahanan Air:
 - Metode Kimia: Memiliki nilai ketahanan air yang lebih tinggi (5,76%) dibandingkan metode biologi (5,52%).
3. Kadar Air:
 - Metode Kimia: Menunjukkan kadar air yang lebih rendah (0,13%), menunjukkan stabilitas yang lebih baik terhadap kelembaban.
 - Metode Biologi: Menunjukkan kadar air yang lebih tinggi (0,18%), menunjukkan stabilitas yang kurang baik terhadap kelembaban.
4. Kelarutan Bioplastik:
 - Metode Biologi: Memiliki kelarutan bioplastik yang lebih rendah (0,13%), menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap pelarutan dalam air.
 - Metode Kimia: Memiliki kelarutan bioplastik yang lebih tinggi (0,29%), menunjukkan ketahanan yang kurang baik terhadap pelarutan dalam air.
5. Densitas:
 - Kedua metode menghasilkan densitas yang sama (0,25), menunjukkan kerapatan dan konsistensi material yang serupa.
6. Baku Mutu (JIS):
 - Kuat Tarik: Metode kimia memiliki nilai kuat tarik 0,010 MPa, sedangkan metode biologi memiliki nilai kuat tarik 0,0085 MPa.
 - Elongasi/Kemuluran: Hasil analisis nilai elongasi/kemuluran (%) pada metode kimia adalah 1,40%, sedangkan pada metode biologis adalah 1,13%.

- Ketebalan Bioplastik: Hasil analisis pengujian nilai ketebalan bioplastik (mm) pada metode kimia adalah 0,28 mm, sedangkan pada metode biologi adalah 0,33 mm.

Dengan demikian, metode biologi lebih efektif dalam meningkatkan kadar selulosa dan mengurangi kadar lignin (Tamiogy, W. R., et al. 2019), tetapi kurang baik dalam hal ketahanan air dan kelarutan bioplastik. Sementara itu, metode kimia lebih baik dalam hal ketahanan air dan kelarutan bioplastik, tetapi kurang efektif dalam meningkatkan kadar selulosa dan mengurangi kadar lignin. Kedua metode memiliki densitas yang sama dan konsistensi material yang serupa.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini menunjukkan hasil bahwa limbah pertanian yakni jerami padi berpotensi menjadi bahan utama pembuatan bioplastik *biodegradable*. Dalam rangka meningkatkan perbaikan dalam penelitian, penelitian ini memiliki saran agar penelitian dapat berkembang, beberapa saran, yakni sebagai berikut:

- Bioplastik yang benar-benar *biodegradable* tidak meninggalkan residu mikroplastik setelah terurai (Fitriany, D. S., et al. 2023). Berdasarkan pernyataan tersebut, maka bioplastik dari jerami memerlukan pengujian lebih lanjut untuk membuktikan bahwa bioplastik dari jerami adalah benar-benar bioplastik *biodegradable* yang bersifat *non-microplastic* dan aman untuk kehidupan organisme.
- Dalam hasil pengujian, dimana metode biologi menghasilkan bioplastik yang tinggi akan kadar selulosa sebagai bahan utama plastik dan metode kimia menghasilkan tinggi akan ketahanan terhadap air, kelarutan, kuat tarik, ketebalan dan kemuluran sehingga hal ini metode biologi dan metode kimia dapat kita padukan menjadi satu rangkaian metode.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharjee, Shiva Aley., Bharali, Pranjal., dkk. 2022. *PHA-Based Bioplastic: a Potential Alternative to Address Microplastic Pollution*. Applied Environmental Microbial Biotechnology Laboratory, Department of Environmental Science, Nagaland University, Hq- Lumami, Zunheboto-798627, Nagaland, India.
- Adryani, R., Maulida. (2014). *Pengaruh Ukuran Partikel Dan Komposisi Abu Sekam Padi Hitam Terhadap Sifat Kekuatan Tarik Komposit Poliester Tidak Jenuh*. Jurnal Teknik Kimia USU, 3 (4), 31-36.
- Andahera, C, Sholikhah, I., Islamiati, D.A., & Pusfitasari, M.D., 2019, *Pengaruh Penambahan Jenis dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Kualitas Bioplastik Berbasis Selulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit*, Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry, 2(2): 46–54.
- Anita, Z., F. Akbar, H. Harahap,. 2013. *Pengaruh penambahan gliserol terhadap sifat mekanik film plastik biodegradasi dari pati kulit singkong*. Jurnal Teknik Kimia USU 2(2): 3741.
- Anuj Kumar, A., Vijay Kumar, V. T,. 2023. *Functional Nanocomposite Hydrogels Synthesis, Characterization, and Biomedical Applications*. A volume in Nanotechnology in Biomedicine
- Asnani, A., Ratnaningtyas, N. I., & Suhermiyati, S. (2013). *Analisis Hasil Delignifikasi Sekam Padi yang Berpotensi sebagai Bahan Baku Bioetanol*. Prosiding: Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan, 3(3), 87-94.
- Averous, L. 2004. *Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch*. J Macromol Sci. 12(2):123-130.
- Bayer, I.S., Guzman-Puyol, S., Heredia-Guerrero, J.A., Ceseracciu, L., Pignatelli, F., Ruffilli, R., Cingolani, R., & Athanassiou, A., 2014, *Direct transformation of Edible Vegetable Waste Into Bioplastics*, Macromolecules, 47: 5135–5143.
- Bilo F et al (2018) *A sustainable bioplastic obtained from rice straw*. J Clean Prod 200:357–368.
- BSN. Standar Nasional Indonesia 7818-2014 *tentang Kantong Plastik Mudah Terurai*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2014
- Chairul, Amni. (2015). *Pembuatan bioplastik dari pati ubi kayu berpenguat nano serat jerami dan zno*.

- Coppola, Gerardo & Gaudio, Maria Teresa & Lopresto, Catia & Calabrò, Vincenza & Curcio, Stefano & Chakraborty, Sudip. (2021). *Bioplastic from Renewable Biomass: A Facile Solution for a Greener Environment*. Earth Systems and Environment. 5. 10.1007/s41748-021-00208-7.
- Darni, Y dan Hertti. U. 2010. *Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik Dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum*. Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan, 7(4): 88-93.
- Dos Santos Caetano, K., Lopes, N. A., Costa, T. M. H., Brandelli, A., Rodrigues, E., Flôres, S. H., & Cladera-Olivera, F. (2018). *Characterization of active biodegradable films based on cassava starch and natural compounds*. Food Packaging and Shelf Life, 16, 138-147.
- El-malek FA, Khairy H, Farag A, Omar S (2020) *The sustainability of microbial bioplastics, production and applications*. Int J Biol Macromol 157:319–328.
- Fadilla, A., AMALIA, V., & WAHYUNI, I. R. (2023, December). *Pengaruh Selulosa Ampas Tebu (Saccharum officinarum) sebagai Zat Pengisi Plastik Biodegradable berbasis Pati Kulit Singkong (Manihot fsculenta)*. In Gunung Djati Conference Series (Vol. 34, pp. 69-80).
- Fikri, A. A. *Fermentasi Padat Jerami Padi dengan Inokulan Fungi Phanerochaete chrysosporium dan Trichoderma viride Serta Nilai Kecernaan Substratnya Secara In Vitro* (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta)
- Fitriany, D. S., Annaziha, S., Syamsuddin, H. S. A., & Khumaira, A. (2023). Bio-Pack: Biodegradable Packaging Pati Singkong Sebagai Solusi Pencemaran Limbah Plastik Konvensional. *Journal of Comprehensive Science (JCS)*, 2(1), 430-437.
- Getachew.Anteneh., Woldeesenbet.Fantahun.,2016.*Production of biodegradable plastic by polyhydroxybutyrate (PHB) accumulating bacteria using low cost agricultural waste material*.Department of Biotechnology, Wolkite University, Po. Box 07, Wolkite, Ethiopia
- Gowda V, Shivakumar S (2014) *Agrowaste-based polyhydroxyal-kanoate (PHA) production using hydrolytic potential of Bacillus thuringiensis IAM 12077*. Brazil Arch Biol Technol 57(1):55–61
- Gunam, I. B. W., Buda, K., & Guna, I. M. Y. S. (2010). *Pengaruh perlakuan delignifikasi dengan larutan NaOH dan konsentrasi substrat jerami padi terhadap produksi enzim selulase dari aspergillus niger NRRL A-II*, 264.

- Hahladakis, J.N., Velis, C.A., Weber, R., Iacovidou, E., & Purnell, P., 2018, *An Overview of Chemical Additives Present in Plastics: Migration, Release, Fate and Environmental Impact During Their Use, Disposal and Recycling*, Journal of Hazardous Materials, 344: 179–199.
- Hendrawati, M. S. (2023). *Bioplastik Berbahan Dasar Sisa Hasil Pertanian*. Deepublish.
- Hidayati, S., A.S., Zuidar, A. Ardiani,. 2015. *Aplikasi sorbitol pada produksi biodegradable film dari nata de cassava*. *Reaktor* 15 (3): 196204.
- Hossain SM, Anantharaman N. 2006. *Activity enhancement of ligninolytic enzymes of Trametes versicolor with bagasse powder*. *Afri. J. Biotechnol.* 5(1): 189-194
- Huang. J., Fu. S., Gan. Lin., 2019. *Lignin Chemistry and Applications*, Elsevier., Pages 79-134, ISBN 9780128139417.
- Inayah, A., & Kusumayanti, H. (2022). *Optimasi Efektivitas Gliserol Dan Kitosan Dalam Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Pemanfaatan Biji Durian Dengan Metode Inversi Fasa*. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 10(1), 66-73.
- Isroi, I., Cifriadi, A., Panji, T., Wibowo, N.A., & Syamsu, K., 2017, *Bioplastic Production from Cellulose of Oil Palm Empty Fruit Bunch*, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 65: 012011.
- Jakob, M., Mahendran, A. R., Gindl-Altmutter, W., Bliem, P., Konnerth, J., Mueller, U., & Veigel, S. (2022). *The strength and stiffness of oriented wood and cellulose-fibre materials: A review*. *Progress in Materials Science*, 125, 100916.
- Jamal M. Khatib, *In Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, Sustainability of Construction Materials*, Woodhead Publishing, 2009, Pages 31-54, ISBN 9781845693497.
- Jatika, A., Ngadiwiyana, N., & Ismiyanto, I. (2009). *Sintesis Metiliseugenol dari Metileugenol Menggunakan Katalis KOH dalam Etanol*. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 12(3), 76-80.
- Jabeen N, Majid I, Nayik GA (2015) *Bioplastics and food packaging: A review*. *Cogent Food Agric.*
- Judoamidjojo, R.M., E.G. Said dan L. Hartoto. 1989. *Biokonversi*. PAU Bioteknologi IPB, Bogor
- Kamsiati, E., Herawati, H., & Purwani, E.Y., 2017, *Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubikayu di Indonesia*, *Jurnal Litbang Pertanian*, 36(2): 67–76.

- Kanani, Nufus, et al. "Pengaruh Konsentrasi Pelarut terhadap Proses Delignifikasi dengan Metode Pre-treatment Kimia." *Teknika*, vol. 14, no. 1, 1 Jun. 2018, doi:10.36055/tjst.v14i1.5863.
- Kaswarjono, Yanuartono & Soedarmanto, Indarjulianto & Purnamaningsih, H. & Nururrozi, Alfarisa & Raharjo, Slamet. (2019). *Fermentasi: Metode untuk Meningkatkan Nilai Nutrisi Jerami Padi*. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*. 14. 49-60. 10.31186/jspi.id.14.1.49-60.
- Krishnamurthy.Akshaya., Amritkumar.Pavithra., 2019.*Synthesis and characterization of eco-friendly bioplastic from low-cost plant resources*.PG and Research Department of Biotechnology, Women's Christian College, College Road, Chennai, Tamil Nadu 600006, India.
- Kumoro, A.C., dan A. Purbasari. 2014. *Sifat mekanik dan morfologi plastik biodegradable dari limbah tepung nasi aking dan tepung tapioka menggunakan gliserol sebagai plasticizer*. *Teknik*. 35(1): 816.
- Kunusa, W. R. (2017). *Kajian tentang isolasi selulosa mikrokristalin (SM) dari limbah tongkol jagung*. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 12(1), 105-108.
- Kunusa, W. R., & Iyabu, H. (2017). *Studi Tentang Metode Merzerisasi Terhadap Perolehan Total Yield Lignoselulosa*. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 12(2), 225-230.
- Lu, D.R., C.M. Xiao, and S.J. Xu. 2009. *Starch-based completely biodegradable polymer materials*. *eXPRESS.Polymer Letters*. 3(6): 366–375
- Mahfud, R.N.M., Setiawan, A., & Mayangsari, N.E., 2020, *Pengaruh Penambahan Carboxy Methyl Cellulose dalam Biodegradable Plastik Kulit Jagung dengan Sorbitol sebagai Plasticizer*, *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology 3 rd* , Surabaya, Oktober 3
- Maladi, I. (2019). *Pembuatan bioplastik berbahan dasar pati kulit singkong (Manihot utilissima) dengan penguat selulosa jerami padi, polivinil alkohol dan bio-compatible zink oksida* (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Manpreet, S., Sawraj, S., Sachin, D., Pankaj, S., and Baneerje, U. C. *Review Article : Influence of Process Parameters on the Production of Metabolites in Solid-State Fermentation*. *Malaysian Journal of Microbiology*. 1(2):1-9.
- Meereboer KW, Misra M, Mohanty AK (2020) *Review of recent advances in the biodegradability of polyhydroxyalkanoate (PHA) bioplastics and their composites*. *Green Chem* 22(17):5519– 5558. <https://doi.org/10.1039/d0gc01647k>

- Mitsuhiro, Imaizumi., Takefumi, Nagata., Yasutomo, Goto., Yoshiro, Okino., Tatsuhiko, Takahashi., Kiyohito, Koyama. (2005). *Solubility Parameters of Biodegradable Polymers from Turbidimetric Titrations*. Kobunshi Ronbunshu, doi: 10.1295/KORON.62.438
- Monariqsa, Dian, Niken Oktora, Andriani Azora, Dormian A N Haloho, Lestari Simanjuntak, Arison Musri, Adi Saputra, dan Aldes Lesbani. “*Ekstraksi Selulosa dari Kayu Gelam (Melaleuca leucadendron Linn) dan Kayu Serbuk Industri Mebel*”, Jurnal Penelitian Sains 15, No. 3, pp. 96-101, 2012.
- Mooney, B.P. 2009. *The second green revolution? production of plant-based biodegradable plastics*. *Biochem. J.* 418: 219–232.
- Mostafa, N.A., Farag, A.A., Hala M. Abo-dief, H.M., & Tayeb, A.M., 2018, *Production of Biodegradable Plastic from Agricultural Wastes*, Arabian Journal of Chemistry, 11(4): 546–553.
- Mulyana, N., Larasati, T. R. D., Nurhasni, N., & Ningrum, M. (2016). *Peningkatan Aktivitas Enzim Selulase dan Produksi Glukosa Melalui Fermentasi Substrat Jerami Padi Dengan Fungi Aspergillus niger yang Dipapari Sinar Gamma*. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 11(1), 13-25.
- Nallapeta, S., Nigam, V. K., Survajahala, P., and Mohan, K. 2012. *Screening and Selection of White Rot Fungi for Biological Delignification of Agricultural Residues*. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*. 3(4) : 790-796
- Narancic T, Cerrone F, Beagan N, Oconnor KE (2020) *Recent advances in bioplastics: application and biodegradation*. *Polymers (Basel)*. <https://doi.org/10.3390/POLYM12040920>
- Nugrahanto, A. D., Kurniawati, A., & Erwanto, Y. (2021). *Karakteristik fisis bioplastik yang dibuat dari kombinasi pati tapioka dan kasein susu apkir*. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 37(2), 103-114.
- Nurlita, D., Wikanastri, H., & Yusuf, M. (2017). *Karakteristik Plastik Biodegradable Berbasis Onggok dan Kitosan dengan Plastisizer Gliserol*. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 7(2), 131-139.
- PADI, P. P. B. J., & LEGOWO, S. 2017 *PERTUMBUHAN KULTUR TUNGGAH DAN CAMPUR JAMUR*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Perez J, Munoz D, Rubia TDL, Martinez T. 2002. *Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview*. *Int Microbiol*. 5:53-63.

- Picheth GF et al (2017) *Bacterial cellulose in biomedical applications: a review*. Int J Biol Macromol.
- Pratiwi, R., Rahayu, D., & Barliana, M. I. (2016). *Pemanfaatan selulosa dari limbah jerami padi (Oryza sativa) sebagai bahan bioplastik*. Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology, 3(3), 83-91.
- P. Rimadani., B.Melisa., R.Driyanti.,2016.*Pemanfaatan Selulosa Dari Limbah Jerami Padi (Oryza Sativa) Sebagai Bahan Bioplastik*. Article in Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology · October 2016
- Purwandaru, pandu., M. Ambar., P. Lulu., S. IF Bambang., 2021.*Analisa Karakter Material Jerami Padi Untuk Pemanfaatan Produk Kerajinan Tangan*.Universitas Sebelas Maret Surakarta, Jawa Tengah 57126, Indonesia pandupurwandaru@staff.uns.ac.id
- Puspitasari, S. (2017). *Preparasi dan karakterisasi beads alginat: selulosa xantat dari ampas tebu melalui metode gelasi ionik dengan CaCo₃ sebagai porogen* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Rahayu, T., Supriadi, A., Ningsih, IW, Asngad, A., & Raharjo, WP (2023). *Pertumbuhan Jamur Pelapuk Putih Pada Proses Bidelignifikasi Serbuk Kayu Sengon. Lingkungan Biologis dan Pencemaran* , 3 (1), 1-7.
- Rahman MH, Bhoi PR (2021) *An overview of non-biodegradable bioplastics*. J Clean Prod 294:126218. *An overview of non-biodegradable bioplastics* - ScienceDirect
- Raj, A.A.S., & Ranganathan, T.V., 2018, *Characterization of Cellulose from Jackfruit (Artocarpus integer) Peel*, Journal of Pharmacy Research, 12(3): 311–315.
- Ronald, Mwesigwa., Josphat, Igadwa, Mwasiagi., Charles, Nzila., Eric, Oyondi., John, Githaiga. (2016). *The study of the factors affecting density of locally made bio-resin from raw banana peels*.
- Rusli, A., Metusalach, S., & Tahir, M.M. 2017. *Karakterisasi Edible Film Karagenan dengan Pemplastis Gliserol*. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 20(2):219-229. DOI: 10.17844/jphpi.v20i2.17499
- Saputro, R., Fathul, F., & Widodo, Y. (2015). *Pengaruh lama fermentasi dengan media Trametes sp. terhadap organoleptik, kadar air dan lemak pada limbah daun nenas di Lampung Tengah*. Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu, 3(1), 68-74.
- Sarijowan, V., Katja, D. G., Runtuwene, M. R., & Suryanto, E. (2022). *EKSTRAKSI DAN FRAKSINASI HEMISELULOSA DARI LIMBAH SAGU BARUK (Arenga microcarpha Beccari) SEBAGAI ANTIOKSIDAN*. CHEMISTRY PROGRESS, 15(1).

- Setiawan, A., Anggraini, F. D. M., Ramadani, T. A., Cahyono, L., & Rizal, M. C. (2021). *Pemanfaatan Jerami Padi Sebagai Bioplastik Dengan Menggunakan Metode Perlakuan Pelarut Organik*. *METANA*, 17(2), 69-80.
- Siregar, Y., Yenie, E., & Daud, S. *Pre-Treatment Jerami Padi Menggunakan Proses Organosolv dengan Variasi Konsentrasi Pelarut (CH₃OH) dan Waktu Pemasakan* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Sriana, T., Dianpalupidewi, T., Ma, S., & Nata, I. F. (2021). *Pengaruh Konsentrasi Sodium Hydroxide (NaOH) pada Proses Delignifikasi Kandungan Lignoselulosa Serat (Fiber) Siwalan (borassus flabellifer) sebagai Bahan Dasar Pembuatan Bioethanol*. *Buletin Profesi Insinyur*, 4(2), 49-52.
- Sumandono et al., 2013. *Decolorization of Remazol Brilliant Blue R by new isolated white rot fungus collected from tropical rain forest of East Kalimantan and its ligninolytic enzymes activity*. *Procedia Environmental Sciences*.
- Sunardi, P. D., Susanti, Y., & Mustikasari, K. (2020). *Sintesis dan karakterisasi bioplastik dari pati ubi nagara dengan kaolin sebagai penguat*. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 11(2), 65-76.
- Syafitri, N., & Mustikaningrum, M. (2024). *Transesterifikasi In situ Produksi Biodiesel Dengan Variasi Massa Bahan Baku Terhadap Karakteristik Biodiesel*. *Jurnal Integrasi Proses dan Lingkungan*, 1(2).
- Tamiogy, W. R., Kardisa, A., Hisbullah, H., & Aprilia, S. (2019). pemanfaatan selulosa dari limbah kulit buah pinang sebagai bahan baku pembuatan bioplastik. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 14(1), 63-71.
- Thompson, R.C., Moore, C.J., Vom Saal, F.S., & Swan, S.H., 2009, *Plastics, The Environment and Human Health: Current Consensus and Future Trends*. *Philosophical Transaction of The Royal Society B: Biological Science*, 364 (1526): 2153–22166.
- Tuomela M, Vikman M, Hatakka A, Itavaara M. 2000. *Biodegradation of lignin in a compost environment: a review*. *Biores Tech* 72: 169– 183.
- Wafiroh, S. T. Adiarto, dan E.T. Agustin. 2010. *Pembuatan dan karakterisasi edible film dari komposit kitosan-pati garut (Maranta Arundinaceae L) dengan pemplastis asam laurat*. *J. Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. 13(1): 916.
- Zeng GM, Yu HY, Huang HL, Huang DL, Chen YN, Huang GH, Li JB. 2006. *Laccase activities of soil inhabiting fungus Penicillium simplicissimum in relation to lignin degradation*. *W J Microbiol and Biotech* 22: 317–324.

Zulmanwardi, Z., & Rosalin, R. (2020, November). *OPTIMASI PELARUT NAOH DAN HCL PADA PROSES PROSES PEMBUATAN PULP SELULOSA DARI LIMBAH JERAMI PADI (ORYZA SATIVA)*. In Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) (Vol. 5, No. 1, pp. 7-12).

Lampiran

LAMPIRAN 1 : Dokumentasi Penelitian



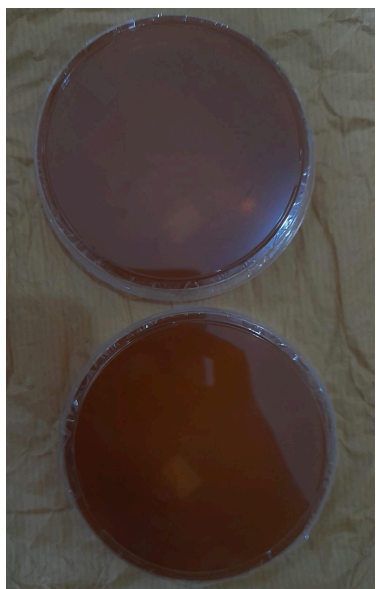
Gambar 1. Jerami Padi



Gambar 2. Substrat Jerami Padi



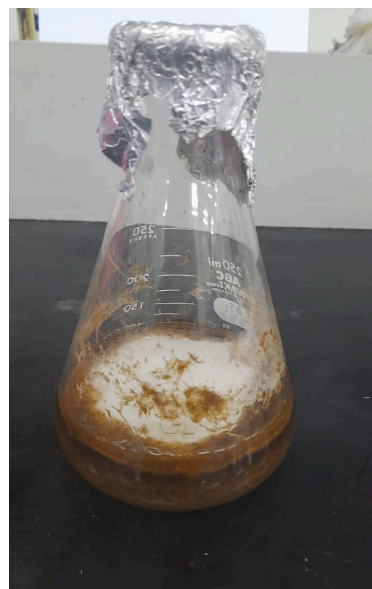
Gambar 3. Hasil Delignifikasi Metode Kimia dan Biologi



Gambar 4. Media *Potato Lignin Agar* (PLA)



Gambar 5. Pembentukan Halozone dari *Trametes Versicolor*



Gambar 6. Fermentasi Substrat Jerami



Gambar 7. Selulosa Jerami Padi



Gambar 8. Asam Asetat.



Gambar 9. Pati Singkong



Gambar 10. Pra-cetak Film Bioplastik



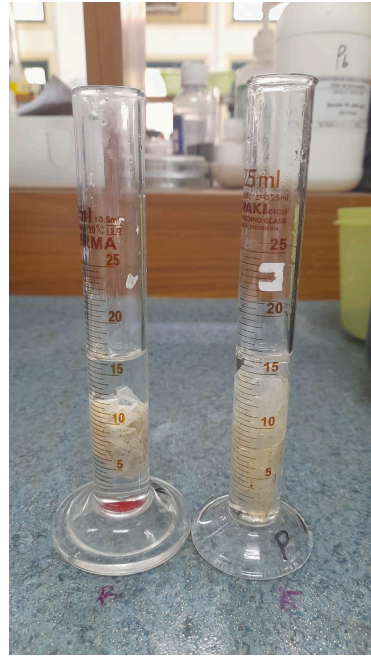
Gambar 11. Pencetakan Bioplastik Metode Biologi



Gambar 12. Pencetakan Bioplastik Metode Kimia



Gambar 13. Uji Kelarutan Bioplastik



Gambar 14. Uji Densitas Bioplastik



Gambar 15. Bioplastik Metode Biologi (a). Bioplastik Metode Kimia (b).

LAMPIRAN 2 : Cara Kerja Analisis Kadar Selulosa dan Lignin

1. Bahan diuji kandungan selulosa dan ligninnya menggunakan metode chesson. 1 g sampel kering (a).
2. Tambahkan 150 mL H₂O kemudian direfluks pada suhu 100°C dalam *water bath* selama 1 jam. Hasil refluks tersebut kemudian disaring dan residunya dicuci dengan air panas kurang lebih 300 mL. Residu yang diperoleh dikeringkan dengan oven hingga beratnya konstan kemudian ditimbang (b).
3. Residu di tambahkan 150 mL H₂SO₄ 1 N kemudian direfluks dalam penangas air selama 1 jam pada suhu 100°C. Hasilnya disaring sampai netral menggunakan aquades kurang lebih 300 mL dan dikeringkan (c).
4. Residu kering direndam dalam 10 mL H₂SO₄ 72% pada suhu kamar selama 4 jam kemudian ditambahkan 150 mL H₂SO₄ 1 N dan direfluk dalam water bath selama 1 jam. Residu yang diperoleh disaring dan dicuci dengan H₂O sampai netral kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C dan hasilnya ditimbang (d).
5. Residu diabukan dan ditimbang (e).

$$\text{Kadar selulosa} = (c-d)/a \times 100\%$$

$$\text{Kadar lignin} = (d-e)/a \times 100\%$$

Keterangan :

a = Berat Awal (gr),

b = Penimbangan ke-2 (gr),

c = Penimbangan ke-3 (gr),

d = Penimbangan ke-4 (gr), dan

e = Berat Akhir (gr),

LAMPIRAN 3 : Cara Kerja Pengujian Ketahanan Air

1. Bioplastik yang telah ditimbang dimasukan ke dalam gelas piala yang berisi aquades selama 10 detik.
2. Bioplastik kemudian diambil dari gelas piala dan dikeringkan bagian permukaannya dengan tisu setelah itu dilakukan penimbangan.
3. Prosedur perendaman dan penimbangan dilakukan berulang hingga diperoleh berat konstan.
4. Daya serap air bioplastik dapat dihitung berdasarkan Persamaan

$$\text{Daya Serap Air (\%)} : \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\%$$

Keterangan :

w = berat bioplastik basah (g)

wo = berat bioplastik kering (g)

LAMPIRAN 4 : Cara Kerja Pengujian Kadar Air

1. Bioplastik yang telah disintesis ditimbang sebanyak 2 gram pada cawan porselin yang telah diketahui beratnya.
2. Bioplastik dalam cawan dimasukkan dalam oven selama 5 jam dengan 100–105°C.
3. Bioplastik kemudian dikeluarkan dari oven dan dimasukkan ke dalam desikator sampai mencapai suhu kamar kemudian dilakukan penimbangan.
4. Pemanasan dan penimbangan dilakukan berulang sampai didapat berat yang konstan.
5. Berat bioplastik yang hilang dinyatakan sebagai kadar air bioplastik.
6. Persentase kadar air dapat dihitung berdasarkan Persamaan.

$$\text{Kadar Air (\%)} : \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\%$$

Keterangan:

w = berat bioplastik akhir (g)

wo = berat bioplastik awal (g)

LAMPIRAN 5 : Cara Kerja Pengujian Kelarutan

1. Bioplastik yang telah ditimbang kemudian direndam dalam akuades selama 24 jam sambil diaduk secara periodik.
2. Setelah 24 jam bioplastik diambil dan dikeringkan pada suhu kamar kemudian ditimbang lagi.
3. Persen kelarutan dapat dihitung berdasarkan Persamaan.

$$\text{Kelarutan (\%)} : \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\%$$

Keterangan :

Wo = berat bioplastik sebelum dilarutkan (g)

W = berat bioplastik setelah dilarutkan (g)

LAMPIRAN 6 : Cara Kerja Pengujian Densitas

1. Massa, m (gram) sampel yang akan diuji ditimbang dengan menggunakan timbangan digital.
2. Kemudian gelas ukur 10 mL diisi dengan air hingga 5 mL dan sampel plastik dimasukkan dalam gelas ukur yang berisi air.
3. Setelah 15 menit, dicatat volume air yang baru (v) untuk menghitung volume plastik sebenarnya
4. Selisih volume akhir air dengan volume awal air.
5. Maka didapatkan ρ plastik dengan persamaan :

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Keterangan :

M = Massa (gr), dan

V = Volume (mL)

LAMPIRAN 7 : Data Hasil Pengukuran Analisis Kadar Selulosa dan Lignin

Bahan bioplastik dari jerami padi diuji kandungan selulosa dan ligninnya menggunakan metode chesson ;

Analisis Kadar Selulosa dan Lignin		
Parameter	Analisis	
	KIMIA (gr)	BIOLOGI (gr)
Berat awal (a)	1	1
Penimbangan ke-2 (b)	0.457	0.823
Penimbangan ke-3 (c)	0.394	0.572
Penimbangan ke-4 (d)	0.033	0.063
Berat Akhir (e)	0.028	0.04
Kadar Selulosa	0.361	0.509
Kadar Lignin	0.005	0.023

- **Data Perhitungan Analisis Kimia**

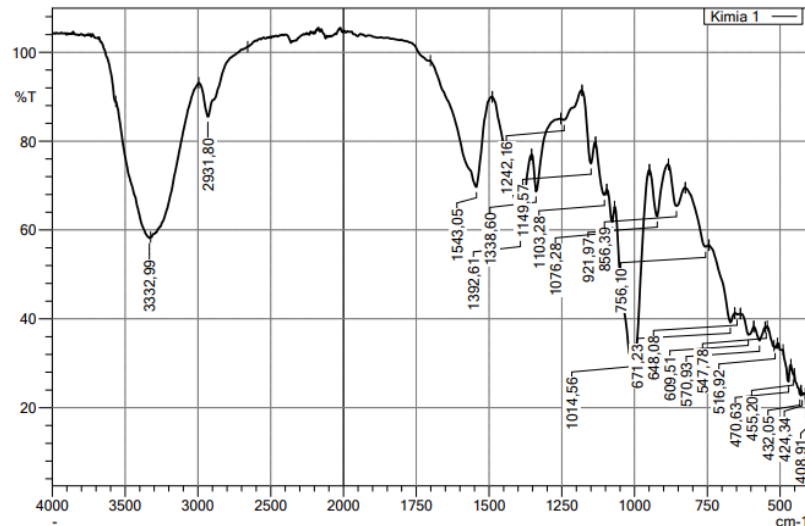
$$\begin{aligned}\text{Kadar selulosa} &= \frac{c-d}{a} \times 100\% \\ &= \frac{0.394-0.033}{1} \times 100\% \\ &= 0.361 \text{ gram} \\ \text{Kadar lignin} &= \frac{d-e}{1} \times 100\% \\ &= \frac{0.033-0.028}{1} \times 100\% \\ &= 0.005 \text{ gram}\end{aligned}$$

- **Data Perhitungan Analisis Biologi**

$$\begin{aligned}\text{Kadar selulosa} &= \frac{c-d}{a} \times 100\% \\ &= \frac{0.572-0.063}{1} \times 100\% \\ &= 0.509 \text{ gram} \\ \text{Kadar lignin} &= \frac{d-e}{1} \times 100\% \\ &= \frac{0.063-0.04}{1} \times 100\% \\ &= 0.023 \text{ gram.}\end{aligned}$$

LAMPIRAN 8 : Data Hasil Pengukuran Uji FT-IR

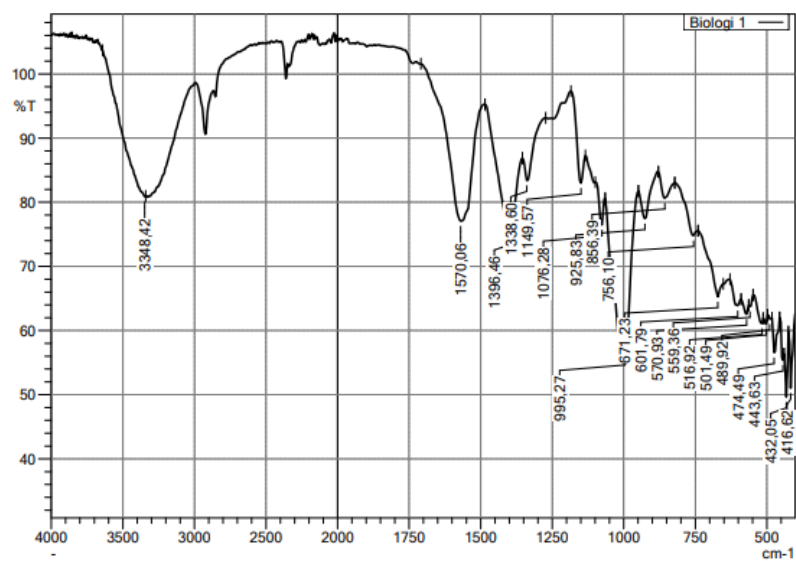
A. Analisis FTIR Bioplastik Metode Kimia



Berikut tabel merupakan hasil analisa FTIR bioplastik metode kimia, berikut ini;

No.	Bilangan Gelombang (Cm^{-1})	Gugus Fungsi
1	3332,99	O-H
2	2931,80	C-H
3	1543,05	C=C
4	1392,61 ; 1338,60	C-O
5	1014,56	C-N

B. Analisis FTIR Bioplastik Metode Biologi

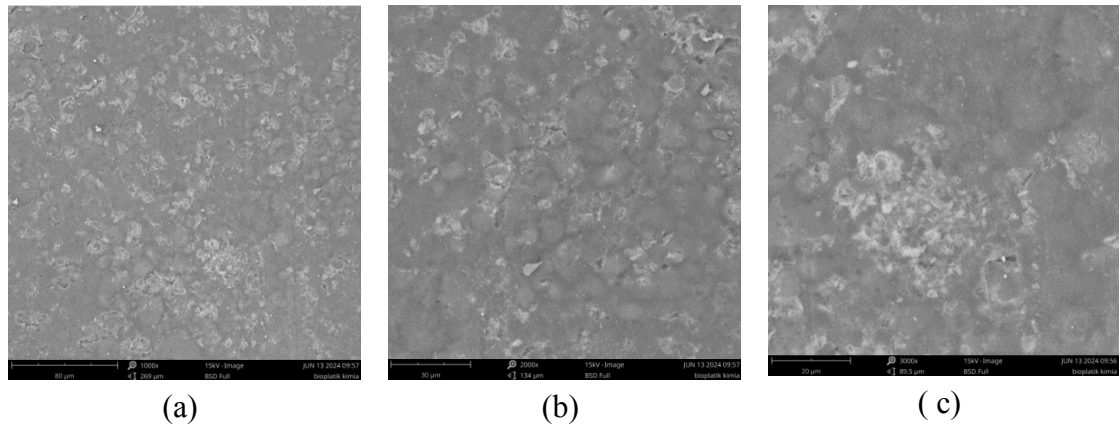


Berikut tabel merupakan hasil analisa FTIR bioplastik metode biologi, berikut ini;

No.	Bilangan Gelombang (Cm^{-1})	Gugus Fungsi
1	3348,42	O-H
2	2940	C-H
3	1570,06	C=C
4	1396,46 ; 1338,60	C-O
5	1076,28	C-N

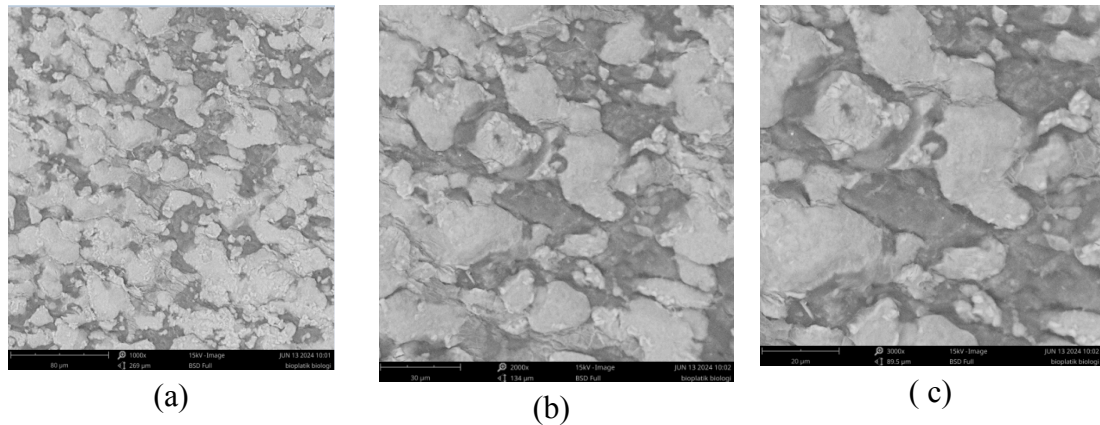
LAMPIRAN 9 : Data Hasil Pengukuran Uji SEM

A. Analisis SEM Bioplastik Metode Kimia



Gambar 16. Perbesaran 1000x Terlihat Granula (a), Perbesaran 2000x Terlihat Bercak Campuran Tidak Homogen (b), dan Perbesaran 3000x Terlihat Adanya Penumpukan Selulosa (c).

B. Analisis SEM Bioplastik Metode Biologi



Gambar 17. Pembesaran 1000x Terlihat Penumpukan serat Selulosa (a), Pembesaran 2000x Terlihat Penumpukan serat Selulosa (b), dan Pembesaran 3000x Terlihat Penumpukan serat Selulosa (c)

LAMPIRAN 10 : Data Hasil Pengukuran Uji Ketahanan Air

Analisis Uji Ketahanan Air		
Parameter	Analisis	
	KIMIA (gr)	BIOLOGI (gr)
Berat awal (Wo)	0.5	0.5
Berat Akhir (W)	3.38	3.26
Kadar Daya Serap Air(%)	5.76	5.52

- **Data Perhitungan Analisis Kimia**

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{0.5 - 3.38}{0.5} \times 100\% \\ &= 5.76 \text{ gram}\end{aligned}$$

- **Data Perhitungan Analisis Biologi**

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{0.5 - 3.26}{0.5} \times 100\% \\ &= 5.52 \text{ gram}\end{aligned}$$

LAMPIRAN 11 : Data Hasil Pengukuran Uji Kadar Air

Analisis Uji Kadar Air		
Parameter	Analisis	
	KIMIA (gr)	BIOLOGI (gr)
Berat awal (Wo)	1	1
Berat Akhir (W)	0.87	0.82
Kadar Air(%) ((W-Wo)/Wo) x 100%	0.13	0.18

- **Data Perhitungan Analisis Kimia**

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air (\%)} &= \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{1 - 0.87}{1} \times 100\% \\ &= 0.13 \text{ gram}\end{aligned}$$

- **Data Perhitungan Analisis Biologi**

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air (\%)} &= \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{1 - 0.82}{1} \times 100\% \\ &= 0.18 \text{ gram.}\end{aligned}$$

LAMPIRAN 12 : Data Hasil Pengukuran Uji Kelarutan

Analisis Uji Kelarutan		
Parameter	Analisis	
	KIMIA (gr)	BIOLOGI (gr)
Berat awal (Wo)	1	1
Berat Akhir (W)	0.71	0.87
Kelarutan(%) ((Wo-W)/Wo) x 100%	0.29	0.13

- **Data Perhitungan Analisis Kimia**

$$\begin{aligned}\text{Kelarutan (\%)} &= \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{1 - 0.71}{1} \times 100\% \\ &= 0.29 \text{ gram}\end{aligned}$$

- **Data Perhitungan Analisis Biologi**

$$\begin{aligned}\text{Kelarutan (\%)} &= \frac{W_o - W}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{1 - 0.87}{1} \times 100\% \\ &= 0.13 \text{ gram}\end{aligned}$$

LAMPIRAN 13 : Data Hasil Pengukuran Uji Densitas

Analisis Uji Densitas		
Parameter	Analisis	
	KIMIA (gr)	BIOLOGI (gr)
Volume awal (Vo)	15	15
Volume Akhir (V)	17	17
Volume Bioplastik (Vo - V)	2.00	2.00
Massa (gr)	0.5	0.5
Densitas (M/V)	0.25	0.25

- **Data Perhitungan Analisis Kimia**

$$\begin{aligned}\text{Densitas } (\rho) &= \frac{M}{V} \\ &= \frac{0.5}{2} \times 100\% \\ &= 0.25\end{aligned}$$

- **Data Perhitungan Analisis Biologi**

$$\begin{aligned}\text{Densitas } (\rho) &= \frac{M}{V} \\ &= \frac{0.5}{2} \times 100\% \\ &= 0.25\end{aligned}$$

LAMPIRAN 14 : Data Hasil Pengukuran Kekuatan Tarik dan Mulur

Kode Sampel	Uji ke	Nilai Uji Kekuatan Tarik & Mulur Bioplastik	
		Nilai Kekuatan (N)	Nilai Kemuluran (%)
Kimia	1	8.829	1.200
	2	10.791	1.200
	3	11.772	1.799
Rata-Rata		10.464	1.400
Biologi	1	8.829	1.600
	2	8.829	1.000
	3	7.848	0.800
Rata-Rata		8.502	1.133

- **Data Perhitungan rata-rata nilai uji kekuatan (N)**

$$\text{Nilai kekuatan (N) Kimia} = \frac{(8.829 + 10.791 + 11.772)}{3} = 10.464 \text{ N}$$

$$\text{Nilai kekuatan (N) Biologi} = \frac{(8.829 + 8.829 + 7.848)}{3} = 8.502 \text{ N}$$

- **Data Perhitungan rata-rata nilai uji kemuluran (%)**

$$\text{Nilai kemuluran (%) Kimia} = \frac{(1.200 + 1.200 + 1.799)}{3} = 1.400 \%$$

$$\text{Nilai kemuluran (%) Biologi} = \frac{(1.600 + 1.000 + 0.800)}{3} = 1.133 \%$$

LAMPIRAN 15 : Data Hasil Pengukuran Ketebalan

Kode Sampel	Nilai Ketebalan Bioplastik (mm)
Kimia	0.265
	0.275
	0.312
Rata-Rata	0.284
Biologi	0.321
	0.310
	0.368
Rata-Rata	0.333

- **Data Perhitungan rata-rata nilai uji ketebalan (mm)**

$$\text{Nilai ketebalan (mm) Kimia} = \frac{(0.265 + 0.275 + 0.312)}{3} = 0.284 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai ketebalan (mm) Biologi} = \frac{(0.321 + 0.310 + 0.368)}{3} = 0.333 \text{ mm}$$

LAMPIRAN 16 : Grafik Perbandingan Hasil Analisa

