



**PEMBUATAN BIOPLASTIK ANTIBAKTERI BERBASIS PATI
TALAS DAN KITOSAN DENGAN EKSTRAK SERAI
TERHADAP *Escherichia coli* SEBAGAI
E-BOOKLET BIOLOGI**

SKRIPSI

**diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan**

Oleh

Diah Anggraeni Istigfarini

2110305001

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS TIDAR
TAHUN 2025**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul "Pembuatan Bioplastik Berbasis Pati Talas dan Kitosan dengan Ekstrak Serai Sebagai Antibakteri Terhadap *Escherichia coli* Sebagai *E-booklet* Biologi" karya,

Nama : Diah Anggraeni Istigfarini

NPM : 2110305001

Program Studi : Pendidikan Biologi

telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi.

Magelang, 23 Mei 2025

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Serafica Btari Christiyani K., M.Sc.
NIP 199310062022032014


Shefa Dwijayanti Ramadani, M.Pd.
NIP 199203252022032015

Koordinator Pendidikan Biologi


Ika Sukmawati, M.Pd.
NIP 199108062024212040

PENGESAHAN KELULUSAN

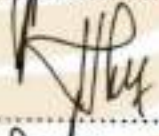
PEMBUATAN BIOPLASTIK ANTIBAKTERI BERBASIS PATI TALAS DAN KITOSAN DENGAN EKSTRAK SERAI TERHADAP *Escherichia coli* SEBAGAI *E-BOOKLET* BIOLOGI

Disusun oleh:

Diah Anggraeni Istigfarini

2110305001

Telah disahkan dan disetujui oleh Tim Penguji

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Ketua Penguji	: Dr. Setiyo Prajoko, M. Pd. NIP 19870909201931009	
Anggota Penguji I	: Shefa Dwijayanti Ramadani, M.Pd. NIP 199203252022032015	
Anggota Penguji II	: Serafica Btari Christiyani K., M. Sc NIP 199310062022032014	

Magelang, 13 Juni 2025

Mengetahui,

Dekan FKIP
Universitas Tidar



Ahmad Muhlisin, M.Pd.
NIP 198607142019031009

Koordinator Pendidikan Biologi
FKIP Universitas Tidar



Ika Sukmawati, M.Pd.
NIP 199108062024212040

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar-benar karya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain atau pengutipan menggunakan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Atas pernyataan ini saya siap menanggung risiko/sanksi yang dijatuhkan apabila ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya ini.

Magelang, 13 Juni 2025

Yang membuat pernyataan,



Diah Anggraeni Istigfarini

NPM 2110305001

MOTO DAN PERSEMBAHAN

MOTO

“But perhaps you hate a thing and it is good for you, and perhaps you love a thing and it is bad for you. And Allah knows, while you know not”

(Q.S Al-Baqarah: 216)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT. atas rahmat dan ridhanya saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Dengan penuh rasa syukur dan bangga saya persembahkan skripsi ini kepada.

1. Bapak, Ibu, dan keluarga yang tanpa lelah melimpahkan kasih sayang dan doa yang luar biasa tanpa henti.
2. Bapak Ibu Dosen Pendidikan Biologi Universitas Tidar yang telah memberikan dukungan dan bimbingan peneliti selama menempuh Pendidikan.
3. Sahabat-sahabat penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan lingkungan yang positif dalam pertemanan.
4. Almameter Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tidar.

ABSTRAK

Istigfarini, Diah Anggraeni. 2025. Pembuatan Bioplastik Antibakteri Berbasis Pati Talas dan Kitosan dengan Ekstrak Serai Terhadap *Escherichia coli* sebagai *E-booklet* Biologi. Skripsi. Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tidar. Pembimbing I Serafica Btari Christiyani K., M.Sc., Pembimbing II Shefa Dwijayanti Ramadani, M.Pd.

Kata Kunci: Bioplastik, *Escherichia coli*, *E-booklet*, Sumber Belajar Biologi

Indonesia memiliki permasalahan timbunan sampah plastik dengan jenis sampah kemasan pangan menjadi penyumbang proporsi yang signifikan. Timbunan sampah plastik sulit terdegradasi sehingga memiliki dampak pada lingkungan maupun kesehatan manusia. Perlu dikembangkan alternatif bahan baku plastik yang ramah lingkungan, beberapa diantaranya yaitu pati talas, kitosan, dan ekstrak serai yang memiliki sifat ramah lingkungan dan bersifat antibakteri. Pengembangan potensi dari bahan alami dalam pendidikan dapat dilakukan dengan pembuatan sumber belajar berupa *e-booklet* bioplastik antibakteri *Escherichia coli* berbahan dasar pati talas, kitosan, dan ekstrak serai. Hasil analisis kebutuhan dari mahasiswa bahwa belum terdapat sumber belajar yang menggunakan potensi bahan alami sebagai bahan baku bioplastik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan antibakteri pada bioplastik yang dikembangkan dari pati talas, kitosan, dan ekstrak serai dan menilai kelayakan pengembangan *e-booklet* berdasarkan aspek materi, aspek media, dan tanggapan mahasiswa.

Penelitian ini merupakan penelitian *mixed method*, yang terdiri dari tahap penelitian eksperimen dan pengembangan (R&D). Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE. Pengumpulan data dilakukan dengan eksperimen pada bioplastik dan diuji ketebalan dan antibakteri terhadap bakteri *E.coli*. Analisis kelayakan *e-booklet* menggunakan lembar validasi kelayakan buku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa uji ketebalan bioplastik paling besar yaitu 0,10 mm pada perlakuan P9 dan ketebalan paling rendah yaitu 0,02 mm pada perlakuan P4. Hasil uji ketebalan bioplastik keseluruhan telah memenuhi syarat standar. Hasil uji antibakteri bioplastik menunjukkan terdapat aktivitas antibakteri pada zona hambat tertinggi yaitu 1,50 mm dengan kategori rendah. Validasi standar *e-booklet* dengan rata-rata persentase 90,75% “sangat layak”. Berdasarkan validasi ahli materi dan ahli media masing-masing memperoleh skor 93,75% dan 87,5% “sangat layak, pada hasil tanggapan mahasiswa mendapat skor 91,81% “sangat layak. Keseluruhan *e-booklet* berdasarkan hasil penelitian eksperimen pembuatan bioplastik yang dikembangkan sangat layak digunakan sebagai sumber belajar biologi.

ABSTRACT

Istigfarini, Diah Anggraeni. 2025. Making Antibacterial Bioplastics Based on Taro Starch and Chitosan with Lemongrass Extract Against Escherichia coli as a Biology E-Booklet. Thesis. Biology Education Study Program, Faculty of Teacher Training and Education, Tidar University. Advisor I: Serafica Btari Christiyani K., M.Sc., Advisor II: Shefa Dwijayanti Ramadani, M.Pd.

Keywords: Bioplastics, *Escherichia coli*, E-booklet, Biology Learning Resources

Indonesia has a plastic waste problem with food packaging waste contributing a significant proportion. Plastic waste is difficult to degrade, so it has an impact on the environment and human health. Thus, it is necessary to develop alternative plastic raw materials that are environmentally friendly, some of which are taro starch, chitosan, and lemongrass extract, which have environmentally friendly and antibacterial properties. The development of the potential of natural materials in education can be done by making learning resources in the form of antibacterial *Escherichia coli* bioplastic e-booklets based on taro starch, chitosan, and lemongrass extract. The needs analysis results from students indicate that there were no learning resources that used the potential of natural materials as raw materials for bioplastics. This study aimed to determine the characteristics and antibacterial properties of bioplastics developed from taro starch, chitosan, and lemongrass extract and assess the feasibility of e-booklet development based on material aspects, media aspects, and student responses.

This research was a mixed-method study, consisting of experimental and research and development (R&D) stages. The development model used was ADDIE. Data collection was conducted through experiments on bioplastics, testing thickness and antibacterial properties against *E.coli* bacteria. The feasibility analysis of the e-booklet was performed using a book feasibility validation sheet. The research result showed that the highest bioplastic thickness was 0,10 mm in treatment P9, while the lowest was 0,02 mm in requirements. The antibacterial test result indicated antibacterial activity with the highest inhibition zone of 1,50 mm, categorized as low. The e-booklet standard validation achieved an average percentage of 90,75%, rates as "highly feasible". Based on validations by material experts and media experts, scores of 93,75% and 87,5% were obtained, respectively, both rated as "highly feasible". Overall, the e-booklet, which developed based on the experimental research on bioplastics production, was highly suitable for use as a biology learning resource.

PRAKATA

Segala puji dan syukur kehadiran Allah Swt, yang telah melimpahkan rahmat-Nya. Berkat karunia-Nya, peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pembuatan Bioplastik Berbasis Pati Talas dan Kitosan dengan Ekstrak Serai Sebagai Antibakteri Terhadap *Escherichia coli* sebagai *E-booklet* Biologi”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tidar.

Penelitian ini dapat diselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, peneliti menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada pihak-pihak yang telah membantu penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih peneliti sampaikan pertama kali kepada para pembimbing: Serafica Btari Christiyani K., M.Sc. dan Shefa Dwijayanti Ramadani, M.Pd. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan, petunjuk, serta arahan kepada peneliti. Ucapan terima kasih juga peneliti sampaikan kepada semua pihak yang terlibat dalam penulisan skripsi ini, di antaranya.

1. Dr. Ahmad Muhlisin, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tidar, yang telah memberikan kesempatan dan izin dalam melaksanakan penelitian ini.
2. Ika Sukmawati, M.Pd., selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tidar yang telah memberikan kesempatan dan arahan dalam penulisan skripsi ini.

3. Dr. Ericka Darmawan, S.Si., S.Pd., M.Pd. dan Ika Sukmawati M.Pd., selaku validator ahli media dan validator ahli materi dalam pengembangan produk sumber belajar yang senantiasa memberikan kritik, saran, dan masukan.
4. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tidar, yang telah banyak memberikan bimbingan dan ilmu kepada peneliti selama menempuh Pendidikan.
5. Dewan penguji skripsi, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan pada penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh teman-teman Pendidikan Biologi Universitas Tidar, khususnya angkatan 2023, 2022, dan 2021 yang telah membantu peneliti dalam pengumpulan data penelitian.
7. Kedua orang tua, Bapak Sulisno dan Ibu Siti Fatahiyatun dan kedua kakak tersayang (Mas Gandhi dan Mba Nesya) yang telah mendorong, memberikan doa, serta semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
8. Sahabat terdekat: Sabilla, Qorlina, Anies, Dwi, Difa, Mba Dea, Mba Yuni, Mas Riko, Ulinuha dan seluruh BPW IKAHIMBI Wilker IV yang telah mendukung, dan memberikan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Teman-teman seperjuangan Pendidikan Biologi angkatan 2021 Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tidar.
10. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi.

Peneliti sadar bahwa dalam skripsi ini masih terdapat kekurangan, baik isi maupun tulisan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat peneliti harapkan. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat dan merupakan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Magelang, 1 Juni 2025



Diah Anggraeni Istigfarini
2110305001



DAFTAR ISI

	Halaman
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	i
PENGESAHAN KELULUSAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
MOTO DAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK.....	v
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	8
1.3 Batasan Masalah.....	9
1.4 Rumusan Masalah	9
1.5 Tujuan Penelitian.....	10
1.6 Manfaat Penelitian.....	10
1.8 Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan.....	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA BERPIKIR	14
2.1 Tinjauan Pustaka	14
2.1.1 Bioplastik	14
2.1.2 Pati Talas.....	15
2.1.3 Kitosan	18
2.1.4 Serai.....	20
2.1.5 Aktivitas Antibakteri.....	22
2.1.6 Sumber Belajar.....	24
2.1.7 <i>E-Booklet</i>	26
2.2 Kerangka Berpikir	29
BAB III METODE PENELITIAN.....	33
3.1 Penelitian Tahap I (Eksperimen).....	33

3.1.1	Tempat Penelitian.....	33
3.1.2	Subjek Penelitian.....	33
3.1.3	Sampel Penelitian.....	34
3.1.4	Alat dan Bahan Penelitian.....	34
3.1.5	Variabel Penelitian.....	34
3.1.6	Definisi Operasional.....	35
3.1.7	Prosedur Kerja.....	36
3.1.8	Rancangan Percobaan	38
3.1.9	Teknik Analisis Data Penelitian Eksperimen.....	39
3.2	Penelitian Tahap II (Pengembangan)	42
3.2.1	Desain Penelitian.....	42
3.2.2	Subjek Penelitian.....	42
3.2.3	Populasi dan Sampel	42
3.2.4	Prosedur Penelitian.....	43
3.2.5	Teknik Pengumpulan Data.....	48
3.2.6	Teknik Analisis Data.....	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		54
4.1	Hasil Penelitian.....	54
4.1.1	Hasil Penelitian Tahap I (Eksperimen)	54
4.1.2	Hasil Penelitian Tahap II (Pengembangan)	59
4.2	Pembahasan	76
4.2.1	Pembahasan Penelitian Tahap I (Eksperimen).....	76
4.2.2	Pembahasan Penelitian Tahap II Kelayakan E-Booklet.....	85
BAB V PENUTUP.....		95
5.1	Kesimpulan.....	95
5.2	Implikasi	96
5.3	Saran	96
DAFTAR PUSTAKA		98
LAMPIRAN.....		106

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kandungan pada Umbi Talas	17
Tabel 3.1 Formula Bioplastik.....	38
Tabel 3.2 Rancangan Acak Lengkap	39
Tabel 3.3 Klasifikasi Respon Hambat Pertumbuhan Bakteri.....	41
Tabel 3.4 Instrumen Pengumpulan Data	49
Tabel 3.5 Kriteria Penilaian Skala Likert.....	50
Tabel 3.6 Kategori Pencapaian pada E-Booklet	51
Tabel 3.7 Kriteria Tanggapan Mahasiswa	52
Tabel 3.8 Kualifikasi Praktikalitas Produk	53
Tabel 4.1 Zona Hambat Bioplastik terhadap Bakteri <i>E.coli</i>	56
Tabel 4.2 Rekapitulasi Validasi Ahli Materi.....	70
Tabel 4.3 Rekapitulasi Validasi Ahli Media	71
Tabel 4.4 Rekapitulasi Hasil Penilaian aspek materi dan aspek media	71
Tabel 4.5 Hasil Revisi E-booklet berdasarkan Saran Ahli Materi dan Media	72
Tabel 4.6 Rekapitulasi Tanggapan Mahasiswa Pendidikan Biologi terhadap <i>E-Booklet</i>	73
Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Praktikalitas Mahasiswa Pendidikan Biologi	74
Tabel 4.8 Hasil Evaluasi	75

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tanaman Talas	16
Gambar 2.2 Reaksi Deastilasi Kitin Menjadi Kitosan	18
Gambar 2.3 Tanaman Serai.....	20
Gambar 2.4 Bakteri Escherichia coli	23
Gambar 2.5 Kerangka Berpikir	32
Gambar 3.1 Titik Pengukuran.....	40
Gambar 3.2 Pengukuran Zona Hambat.....	41
Gambar 4.1 Data Ketebalan Bioplastik.....	54
Gambar 4.2 Hasil Uji Antibakteri Sampel P8.....	58
Gambar 4.3 Draft Awal Halaman Sampul Depan E-Booklet	62
Gambar 4.4 Draft Awal Halaman Sampul Belakang E-Booklet.....	63
Gambar 4.5 Draft Awal Halaman Kata Pengantar.....	63
Gambar 4.6 Draft Awal Halaman Daftar Isi	64
Gambar 4.7 Draft Tampilan Tujuan pada E-booklet	64
Gambar 4.8 Draft Awal Halaman Konsep Dasar Bioplastik	65
Gambar 4.9 Draft Awal Penjelasan Mengenai Antibakteri Pada Bioplastik	66
Gambar 4.10 Draft Awal Pemanfaatan Bahan Alami.....	67
Gambar 4.11 Draft Halaman Metode Pengujian Bioplastik	67
Gambar 4.12 Draft Halaman Hasil Uji Bioplastik.....	68
Gambar 4.13 Draft Awal Halaman Kesimpulan Booklet	68
Gambar 4.14 Draft Tampilan Daftar Pustaka	69

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Hasil Angket Kebutuhan Awal Mahasiswa.....	107
Lampiran 2 Rekapitulasi Hasil Angket Kebutuhan Awal Mahasiswa.....	109
Lampiran 3 Hasil Uji Ketebalan Bioplastik	111
Lampiran 4 Hasil Uji Antibakteri Pada Bioplastik	112
Lampiran 5 Angket Kebutuhan E-Booklet	113
Lampiran 6 Rekapitulasi Hasil Angket Kebutuhan E-Booklet.....	116
Lampiran 7 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Ahli Materi	118
Lampiran 8 Hasil Validasi Ahli Materi.....	119
Lampiran 9 Rekapitulasi Penilaian Ahli Materi Terhadap E-Booklet	123
Lampiran 10 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Media	124
Lampiran 11 Hasil Validasi Ahli Media pada E-Booklet	125
Lampiran 12 Hasil Rekapitulasi Penilaian Ahli Media pada E-Booklet.....	130
Lampiran 13 Kisi-Kisi Instrumen Tanggapan Mahasiswa Pendidikan Biologi .	132
Lampiran 14 Hasil Tanggapan Mahasiswa Pendidikan Biologi	133
Lampiran 15 Hasil Rekapitulasi Angket Hasil Tanggapan Mahasiswa Pendidikan Biologi.....	136
Lampiran 16 Hasil Praktikalitas Mahasiswa Pendidikan Biologi.....	137
Lampiran 17 Hasil Rekapitulasi Angket Hasil Praktikalitas E-booklet.....	140
Lampiran 18 Dokumentasi Penelitian.....	143

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki permasalahan timbunan sampah plastik. Data dari Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa penumpukan sampah plastik di Indonesia mencapai hingga 64 juta ton pada tahun 2021. Pada hasil sensus oleh Badan Riset Urusan Sungai Nusantara (BRUIN) pada tahun 2023 menyatakan terdapat 25.733 sampah plastik di 28 kabupaten atau kota pada 13 provinsi di Indonesia. Di antara berbagai jenis sampah plastik, kemasan pangan menyumbang proporsi yang signifikan sekitar 14.344 temuan. Data riset tersebut menyatakan bahwa penyumbang sampah plastik terbanyak dalam pencemaran lingkungan berasal dari hasil kemasan makanan, baik yang berasal dari skala pabrik maupun rumahan. Plastik banyak digunakan karena memiliki harga terjangkau, ringan, kuat, dan praktis untuk digunakan, sehingga banyak produsen dan konsumen memilih plastik sebagai kemasan utama (Ilmiawati dkk., 2017).

Penggunaan plastik sebagai kemasan pangan telah menjadi pilihan yang umum karena memiliki banyak keuntungan, seperti sifatnya yang ringan, kuat, mudah dibentuk, memiliki daya tahan terhadap bahan kimia, mempunyai sifat isolasi listrik yang tinggi, dan biaya proses yang lebih murah (Iman, 2023). Selain itu, kemasan pangan dari plastik juga berfungsi untuk menjaga keamanan pangan, meningkatkan masa simpan makanan, dan mencegah pencemaran pada makanan

(Kan & Miller, 2022). Namun, meskipun terdapat banyak manfaat, penggunaan kemasan makanan berbahan plastik juga menimbulkan dampak negatif berupa limbah sampah yang berkontribusi pada pencemaran lingkungan.

Terdapat beberapa jenis plastik yang biasa digunakan sebagai bahan baku diantaranya adalah *Polyethylene Polypropylene* (PP), *PolyEthylene Terephthalate* (PET), *High Density PolyEthylene* (HDPE), *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Low Density PolyEthylene* (LDPE), *Poly Propylene* (PP) dan *Poly Styrene* (PS) (Tia, 2021). Bahan dasar untuk pembuatan kemasan makanan yang sering digunakan yaitu jenis *Polyethylene Polypropylene* (PP), jenis plastik tersebut memiliki sifat yang sukar untuk didegradasi karena membutuhkan waktu sekitar 10-20 tahun (Ali dkk., 2020). Kemasan plastik yang sulit didegradasi dapat mencemari ekosistem laut, mengancam biota laut, dan dapat masuk dalam rantai makanan, sehingga berdampak pada kesehatan manusia (Cox dkk., 2019). Selain itu, limbah plastik juga dapat mempengaruhi kualitas udara dan tanah, seperti pembakaran plastik yang tidak dikelola dengan baik dapat menghasilkan polutan berbahaya dan mengganggu sirkulasi udara dalam tanah, sehingga mengakibatkan penurunan kesuburan tanah (Safriani dkk., 2022). Dengan hal tersebut, sampah plastik dapat memiliki dampak yang luas dan beragam terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Pengembangan alternatif pengganti bahan plastik yang memiliki sifat ramah lingkungan menjadi sangat penting. Pelaku industri mencoba mengganti material plastik dengan bahan yang mudah terdegradasi, yang dikenal sebagai plastik *biodegradable* atau bioplastik (Ecode dkk., 2021). Bioplastik dapat menjadi

alternatif yang menjanjikan dalam mengatasi masalah limbah plastik yang semakin meningkat. Hal ini karena bahan baku dari bioplastik menjadi salah satu keunggulannya yaitu menggunakan sumber daya terbarukan, seperti pati, selulosa, dan lipid, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada bahan baku fosil (Sohail & Jamil, 2021). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa bioplastik dapat terurai lebih cepat jika dibandingkan dengan plastik berbasis minyak, dengan waktu degradasi yang bervariasi tergantung pada komposisinya (Nafiyanto, 2019). Selain itu, pemanfaatan bioplastik dapat mengurangi emisi gas rumah kaca selama proses produksinya, sehingga berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim (Rosenboom dkk., 2022). Potensi yang dimiliki bioplastik ini memiliki peluang yang besar dalam pengembangan produk plastik yang ramah lingkungan.

Bioplastik dapat menggunakan bahan-bahan alam seperti pati jagung, pati kentang, tepung tapioka, umbi talas dan selulosa dari berbagai sumber tanaman. Pada masing-masing bahan alam tersebut memiliki karakteristik unik yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi tertentu. Pati talas, khususnya menunjukkan potensi yang signifikan dalam pembuatan bioplastik karena sifat *biodegradable* yang tinggi, serta pembuatan bioplastik menggunakan pati talas dapat hancur dalam waktu 48 jam (Naki & Wake, 2020). Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Maghfirah (2023) menyatakan bahwa pada uji *biodegradasi* bioplastik dari pati talas terdapat penurunan massa setiap minggunya selama 28 hari. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan bahan alami berupa pati talas untuk pembuatan bioplastik memiliki sifat *degradasi* lebih cepat jika dibandingkan dengan plastik.

Kandungan pati dalam talas yaitu terdapat amilosa sebanyak 2,25g/100g, dan kandungan amilopektin sebanyak 65,17g/100g talas (Sinaga dkk., 2014). Kandungan amilopektin memberikan sifat gelatinisasi yang baik, sedangkan amilosa berkontribusi pada kekuatan dan stabilitas bioplastik (Denny dan Sirmas, 2023). Pati talas memiliki titik gelatinisasi yang relatif rendah pada suhu 70°C (Nita dkk., 2017). Titik gelatinisasi yang rendah memungkinkan proses pembuatan bioplastik pada suhu yang lebih rendah dan mengurangi risiko kerusakan pada bahan lain yang akan dicampurkan, hal tersebut menjadi alasan pati talas dapat digunakan sebagai bahan dalam pembuatan bioplastik. Selain itu, pati talas juga memiliki sifat uji mekanik yang sesuai standarnya sehingga cocok untuk diaplikasikan sebagai pengganti plastik (Melani dkk., 2017). Adanya modifikasi tertentu, seperti penambahan plasticizer atau bahan pengisi dapat meningkatkan sifat mekanik dan fungsional bioplastik sehingga menjadi alternatif yang ramah lingkungan dibandingkan dengan plastik (Cheng dkk., 2021). Namun, kekurangan pada bahan pati yaitu sifat resistensinya pada air sehingga perlu adanya bahan tambahan.

Selain memanfaatkan pati talas, pengembangan bioplastik juga dapat memanfaatkan bahan alami lainnya untuk mengatasi resistensi pati talas yang rendah terhadap air dan mudah larut (Dzaky dkk., 2022). Upaya untuk meningkatkan ketahanan dari bioplastik berbahan dasar pati talas, diperlukan bahan pengeras seperti kitosan. Sifat menguntungkan dari kitosan ini beberapa diantaranya yakni dapat sebagai *biocompatibility*, *biodegradability*, *hydrophilicity*, dan antibakteri (Wahyudi dkk., 2020). Sifat antibakteri pada kitosan dapat menghambat

pertumbuhan bakteri dengan baik yaitu dengan konsentrasi 0,25% memiliki daya hambat sebesar 10,55 mm terhadap bakteri *Escherichia coli* (Winiati dkk., 2014). Namun, meskipun kitosan memberikan beberapa manfaat dalam menghambat pertumbuhan bakteri, efektivitasnya untuk pengembangan pada bioplastik masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan bahan tambahan antibakteri alami seperti ekstrak serai untuk meningkatkan daya tahan bioplastik terhadap bakteri.

Tantangan pada bioplastik yang dihadapi adalah kontaminasi dari bakteri. Kontaminasi dapat terjadi karena lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan penyebaran mikroba seperti kelembapan, suhu, dan keberadaan bahan organik yang menjadi sumber nutrisi bagi mikroba (Agustina, 2023). Kontaminasi ini berpotensi mengakibatkan risiko kesehatan bagi konsumen, seperti keracunan dan infeksi (Ali dkk., 2020). Salah satu bakteri yang dapat mengkontaminasi bahan pangan yaitu *Escherichia coli*. Bakteri *E.coli* mudah menyebar dengan cara mencemari air dan mengkontaminasi bahan-bahan yang bersentuhan dengannya (Rosyida & Martini, 2023). Dalam jumlah yang berlebihan, bakteri *E.coli* dapat mengakibatkan diare bahkan hingga menginfeksi ke sistem/organ tubuh yang lain (Septiyasari & Sofyanita, 2023). Oleh karena itu penting dalam pengembangan bioplastik yang tidak hanya *biodegradable* tetapi juga memiliki sifat antimikroba.

Pengembangan kemasan bioplastik saat ini tidak hanya dituntut untuk ramah lingkungan, tetapi juga harus memberikan pengawetan yang efektif pada makanan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan bahan aktif dari bahan alami dapat meningkatkan sifat antimikroba dari kemasan, sehingga dapat memperpanjang umur simpan produk dan mengurangi kerugian akibat pembusukan

(Farida dkk., 2022). Pemilihan bahan aktif dalam pembuatan bioplastik memiliki kriteria seperti bahan yang aman untuk dikonsumsi, berasal dari bahan alami, serta bahan yang memiliki sifat antibakteri. Salah satu bahan aktif yang dapat digunakan dalam pengembangan bioplastik yaitu dengan penambahan ekstrak dari serai (*Cymbopogon citratus*).

Serai (*Cymbopogon citratus*) memiliki senyawa utama *geraniol*, *citronellal* dan *citronellol* yang merupakan tumbuhan dalam kelompok senyawa terpenoid yang memiliki aktivitas antibakteri (Hermawati dkk., 2023). Senyawa tersebut terbukti efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri, sehingga menjadikan ekstrak serai sebagai pilihan yang menjanjikan untuk ditambahkan ke dalam formulasi bioplastik. Penelitian sebelumnya menunjukkan adanya zona hambatan dengan kategori 'kuat' pada pengujian ekstrak serai dengan bakteri *E.coli* sebesar 10,6 mm (Issusilaningtyas dkk., 2024).

Ekstrak tanaman serai (*Cymbopogon citratus*) dapat menjadi bahan antimikroba untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*, sehingga dapat digunakan dalam pengembangan bioplastik pati talas yang aman dan memiliki sifat antibakteri. Dengan hal tersebut, bioplastik yang mengandung ekstrak serai berpotensi untuk menjadi solusi plastik yang ramah lingkungan dan bebas dari kontaminasi bakteri, sehingga memperpanjang umur simpan produk. Pengembangan bioplastik ini dapat berfungsi sebagai sumber belajar, karena dengan memanfaatkan bahan alami untuk mengurangi kerusakan lingkungan dan memberikan pemahaman mengenai sifat antibakteri dari bahan-bahan tersebut.

Berdasarkan latar belakang tersebut, pemanfaatan pengembangan bioplastik berbahan dasar pati talas dan kitosan dengan ekstrak serai sebagai antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dapat digunakan sebagai sumber belajar untuk mahasiswa Pendidikan Biologi. Dengan fokus pada pengembangan bioplastik sebagai kemasan pangan yang memiliki sifat aman dan tidak berbahaya bagi kesehatan, mahasiswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai penerapan ilmu pada mata kuliah mikrobiologi pangan secara nyata. Melalui sumber belajar yang dikembangkan, mahasiswa tidak hanya mendapatkan pengetahuan dari buku referensi, artikel ilmiah, dan dosen, tetapi juga dapat melihat langsung konsep-konsep yang dipelajari dapat diterapkan dalam konteks kehidupan sehari-hari secara praktis.

Sumber belajar yang dikembangkan juga dapat menjadi sarana eksplorasi bahan alami serta memberikan pemahaman mengenai manfaat bahan alam yang dapat digunakan untuk mereduksi kerusakan lingkungan melalui penggunaan bioplastik. Selain itu, sumber belajar ini juga dapat membantu mahasiswa dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan analitis dalam menghadapi isu lingkungan yang kompleks. Oleh karena itu, sumber belajar ini tidak hanya memberikan pengetahuan tentang bioplastik, tetapi juga membantu mahasiswa memahami aktivitas bakteri dapat dipengaruhi oleh adanya sifat antibakteri dari bahan-bahan tersebut.

Pada hasil angket kebutuhan sumber belajar mendapatkan hasil bahwa sebanyak 82% mahasiswa Pendidikan Biologi membutuhkan sumber belajar yang berasal dari hasil penelitian sebagai bahan belajar yang memberikan contoh

langsung pemanfaatan bahan alami sebagai antibakteri yang berupa *e-booklet*. Penggunaan *e-booklet* berdasarkan hasil penelitian terbukti efektif sebagai sumber belajar tambahan pada proses pembelajaran (Lestari, 2023). Hal tersebut sesuai dengan penelitian oleh Hanifah dkk (2020) yang menunjukkan bahwa penggunaan *e-booklet* sebagai sumber belajar terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa. Sebab itu, pemanfaatan berbagai sumber dari pati talas, kitosan, dan ekstrak serai sebagai bahan pembuatan bioplastik yang ramah lingkungan dan antibakteri dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber belajar berupa *e-booklet* untuk mahasiswa Pendidikan Biologi. Pengembangan *e-booklet* dapat menyajikan data dan hasil analisis mengenai potensi bioplastik dari bahan-bahan alami, serta dapat menyertakan ilustrasi, grafik, dan video yang mendukung pemahaman konsep-konsep kompleks terkait bioplastik dan keberlanjutan lingkungan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, masalah penelitian yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut.

- a. Terdapat banyaknya sampah plastik dari kemasan makanan yang mencemari lingkungan, sehingga diperlukan pengembangan bioplastik sebagai kemasan pangan berbahan alami yang ramah lingkungan dan memiliki sifat antibakteri.
- b. Mahasiswa Pendidikan Biologi membutuhkan sumber belajar tambahan yang berasal dari penelitian pembuatan bioplastik berbasis bahan alami yang bersifat antibakteri untuk mendukung proses pembelajaran.

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian yang dilakukan lebih terarah dan memudahkan dalam penelitian sehingga tujuan penelitian akan tercapai. Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini melakukan uji mekanik yang meliputi pengukuran ketebalan dari bioplastik yang dikembangkan sebagai indikator kekuatan dan ketahanan.
2. Fokus penelitian ini adalah untuk menguji efektivitas bioplastik yang dihasilkan terhadap bakteri *Escherichia coli*.
3. *E-booklet* yang dikembangkan akan berfokus pada informasi mengenai proses pembuatan bioplastik, manfaat bahan alami, dan sifat antibakteri dari bahan yang digunakan. *E-booklet* ini ditujukan khusus untuk mahasiswa Pendidikan Biologi Universitas Tidar sebagai sumber belajar dan bukan untuk mengukur peningkatan keberhasilan prestasi pada mahasiswa.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi, dan batasan masalah tersebut, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana karakteristik uji ketebalan pada bioplastik berbahan dasar pati talas, kitosan dan ekstrak serai?
- b. Bagaimana aktivitas pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada bioplastik berbahan dasar pati talas, kitosan dan ekstrak serai?

- c. Bagaimana kelayakan *e-booklet* mengenai pengembangan bioplastik berbahan dasar pati talas dan kitosan dengan ekstrak serai sebagai antibakteri?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Menganalisis karakteristik uji ketebalan pada bioplastik berbahan dasar pati talas, kitosan dan ekstrak serai.
- b. Menganalisis aktivitas pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada bioplastik berbahan dasar pati talas, kitosan dan ekstrak serai.
- c. Menganalisis kelayakan *e-booklet* mengenai pengembangan bioplastik berbahan dasar pati talas dan kitosan dengan ekstrak serai sebagai antibakteri.

1.6 Manfaat Penelitian

a. Manfaat Teoritis

1. Penelitian ini diharapkan memberikan alternatif sumber belajar berupa *e-booklet* yang memuat teknologi dan ilmu pengetahuan untuk mendorong upaya penambahan informasi temuan terbaru.
2. Produk *e-booklet* yang dikembangkan dapat dijadikan sebagai sumber belajar, acuan, referensi dan sumber inspirasi bagi penulis selanjutnya dalam mengembangkan ilmu pengetahuan, teknologi, dan informasi khususnya dalam bidang biologi.

b. Manfaat Praktis**1. Bagi Mahasiswa**

Bagi mahasiswa Pendidikan Biologi, penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu sumber belajar tambahan dan memperoleh informasi lebih luas mengenai eksplorasi bahan alam serta pemanfaatannya untuk lingkungan. Selain itu, *e-booklet* yang dikembangkan dapat sebagai sumber belajar dari penerapan nyata ilmu mikrobiologi pangan.

2. Bagi Kalangan Masyarakat dan Akademik

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai cara pembuatan bioplastik ramah lingkungan dan memiliki sifat antibakteri, serta potensi yang dimiliki bahan alami.

3. Bagi Peneliti

Memberikan pengalaman, pengetahuan dan penerapan *Research & Development* dalam mengembangkan *e-booklet* yang memanfaatkan bahan alami sebagai bioplastik atau kemasan antibakteri yang ramah lingkungan.

1.7 Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah *e-booklet* bioplastik berbahan dasar pati talas dan kitosan dengan ekstrak serai sebagai antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* yang ditujukan sebagai sumber belajar biologi untuk mahasiswa pendidikan biologi Universitas Tidar. Berikut adalah spesifikasi produk yang diharapkan pada penelitian ini yaitu.

1. Produk yang dikembangkan adalah *e-booklet* berukuran (148 x 210 mm).

2. *E-booklet* yang disajikan semenarik mungkin dilengkapi gambar dan warna untuk meningkatkan minat pembaca.
3. *E-booklet* disajikan dengan fitur interaktif seperti tautan ke sumber daya tambahan, dan video.
4. Sumber belajar berupa *e-booklet* Bioplastik Berbahan Dasar Pati Talas dan Kitosan dengan Ekstrak Serai Sebagai Antibakteri Terhadap Bakteri *Escherichia coli* memiliki struktur yang terdiri dari *cover*, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, kompetensi dasar, indikator, isi, daftar pustaka, dan riwayat penulis (Prananda dkk., 2022). Penulisan isi materi pada *e-booklet* runtut di mulai dari yang umum ke khusus.

1.8 Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

Pada pengembangan *e-booklet* mengenai bioplastik dari pati talas dan kitosan dengan ekstrak serai sebagai antibakteri, peneliti berasumsi bahwa.

1. Pengembangan *e-booklet* memiliki nilai penting dalam meningkatkan kesadaran mahasiswa mengenai alternatif plastik ramah lingkungan, sehingga diharapkan *e-booklet* ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat mengenai manfaat bioplastik dan penggunaan bahan alami, khususnya ekstrak serai.
2. Penambahan ekstrak serai sebagai bahan antibakteri dalam bioplastik dapat berkontribusi pada keamanan pangan dan keberlanjutan lingkungan. Peneliti berasumsi bahwa penggunaan ekstrak serai tidak hanya efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri, tetapi juga dapat meningkatkan kualitas produk.

Adapun keterbatasan dalam pengembangan pada penelitian ini meliputi.

1. Pengembangan *e-booklet* ini hanya mengkaji aktivitas antibakteri setelah penambahan ekstrak serai dalam pengembangan bioplastik dan tidak mencakup bahan alami lainnya.
2. *E-booklet* ini tidak mempertimbangkan variabel eksternal yang dapat mempengaruhi efektivitas ekstrak serai dalam bioplastik. Faktor-faktor seperti kondisi lingkungan, metode ekstraksi, dan formulasi bioplastik dapat mempengaruhi hasil, tetapi tidak dibahas secara mendalam pada *e-booklet*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA BERPIKIR

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Bioplastik

Sampah plastik memiliki banyak dampak yang akan menimbulkan permasalahan lingkungan di masyarakat (Fitriany dkk., 2023). Plastik yang banyak digunakan terbuat dari bahan-bahan kimia yang tidak mudah hancur jika terkena air, panas matahari ataupun mikroorganisme yang ada dalam tanah (Iswarin dkk., 2013). Oleh karena itu, peningkatan penggunaan plastik ini akan menyebabkan penumpukan limbah, bahkan menyebabkan kerusakan lingkungan. Bioplastik sebagai pengganti dari plastik dengan bahan-bahan yang dapat diperbarui seperti senyawa dalam tanaman dan memiliki sifat mudah terurai (Aminu dkk., 2024).

Bioplastik atau plastik *biodegradable* merupakan pengembangan teknologi kemasan dengan menggunakan bahan alami yang akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi air dan gas karbondioksida (Illing & Alam, 2020). *Biodegradable* berasal dari kata *bio* yang berarti makhluk hidup, *degra* yang memiliki arti terurai, dan *able* yang berarti bisa, sehingga dapat diartikan plastik *biodegradable* adalah plastik yang berasal dari bahan alami dan mudah terurai (Meritaine dkk., 2018). Bioplastik menjadi salah satu inovasi dalam menjaga kelestarian lingkungan, karena pembuatannya menggunakan bahan alami sehingga mudah untuk terdegradasi oleh mikroorganisme (Saputra & Supriyo, 2020). Penggunaan bahan alami pada bioplastik akan mudah diuraikan oleh

mikroorganisme, sehingga lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan plastik (Ayu & Ningsih, 2020).

Pembuatan bioplastik menggunakan bahan-bahan yang dapat diperbarui, seperti protein, polisakarida, atau bahan pilid (Meritaine dkk., 2018). Penggunaan bahan-bahan tersebut dapat memudahkan dalam proses degradasi secara alami. Bahan baku bioplastik yaitu pati sebagai bahan dasar, bahan plasticizer seperti gliserol, dan selulosa (Maneking dkk., 2020). Potensi pengembangan bioplastik sangat besar karena di Negara Indonesia memiliki hasil pertanian dan kelautan yang bisa dikembangkan menjadi biopolimer (Suryanto dkk., 2016).

Salah satu bahan dalam pembuatan bioplastik yaitu dengan menggunakan pati sebagai bahan utama dalam pembuatan plastik, karena pati memiliki sifat biodegradasi, kemudahan dalam proses pengolahannya, dan termasuk dalam bahan ekonomis karena tanaman penghasil pati seperti talas, kentang, beras dan jagung kesediaannya cukup melimpah di wilayah Indonesia (Aisyi dkk., 2024). Pemanfaatan bahan alami diantaranya yaitu limbah ampas tebu (Kustiyah dkk., 2023), tepung tapioka dan beras (Aisyi dkk., 2024), pati kulit pisang (Nafiyanto, 2019), dan dari pati talas (Wahyudi dkk., 2020).

2.1.2 Pati Talas

Pati talas diperoleh dari umbi tanaman talas (*Colocasia esculenta*), yang dikenal memiliki kandungan karbohidrat tinggi dan sifat fisik yang baik (Aisyi dkk., 2024). Pada proses pembuatan bioplastik, pati talas dapat diekstraksi dan dimodifikasi dengan tujuan untuk meningkatkan sifat mekanik dan *biodegradabilitas* produk akhir. Selain itu, dengan menggunakan pati talas dapat membentuk sifat gel baik,

yang penting dalam menciptakan karakteristik bioplastik yang kokoh dan fleksibel (Liu dkk., 2020).

Tanaman talas (Gambar 2.1) memiliki sumber karbohidrat dan pati yang tinggi sehingga prospektif untuk dikembangkan dalam usaha komersil (Hadijah & Adriani, 2019). Menurut Rukmana, (1998) tanaman talas dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Kelas : Monocotyledonae
Ordo : Arales
Famili : Araceae
Genus : *Colocasia*
Spesies : *Colocasia esculenta* (L.) Schott



Gambar 2.1 Tanaman Talas
(Dokumentasi Pribadi)

Umbi pada talas memiliki kandungan pati dan karbohidrat yang tinggi sebagai sumber tenaga (Trimanto dkk., 2011). Pati merupakan komponen

karbohidrat utama dalam umbi talas yang memberikan kontribusi signifikan terhadap bahan baku dalam pembuatan bioplastik yang ramah lingkungan. Dengan memanfaatkan umbi talas sebagai sumber pati dalam pembuatan bioplastik, akan memberikan solusi pada masalah limbah plastik. Kandungan pati pada umbi talas dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Kandungan pada Umbi Talas

Komponen (g/100 g)	Komposisi (g pati/100g talas)
Kadar air	10,20
Protein	12,25
Abu	4,15
Lemak	0,50
Serat kasar	0,75
Karbohidrat	72,15
Pati	67,42
• Amilosa	2,25
• Amilopektin	65,17

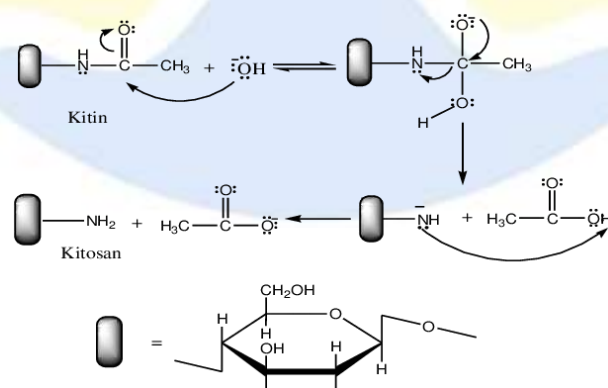
(Sinaga dkk., 2014)

Kandungan pati pada umbi talas ini, memberikan potensi untuk dikembangkan menjadi bahan dalam pembuatan bioplastik. Menurut Nafchi dkk., (2013) menyatakan bahwa kestabilan plastik *biodegradable* dipengaruhi oleh amilopektin, semakin besar kandungan amilopektin maka dapat memberikan sifat yang kering dan lengket. Pati talas memiliki suhu gelatinisasi yang rendah, sehingga sifat tersebut memberikan kemudahan dalam mencegah kerusakan bahan lainnya saat pembuatan bioplastik. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan pati talas sebagai bahan baku pembuatan bioplastik mendapatkan hasil pada uji tarik sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI), dan pada hasil penguraian bioplastik terdapat penurunan berat akibat aktivitas mikroorganisme (Naki & Wake, 2020).

Penggunaan pati talas sebagai bahan baku bioplastik ini dapat mengurangi dampak plastik pada lingkungan. Namun, pengembangan bioplastik yang terbuat dari pati talas memiliki sifat yang dapat mempengaruhi ketahanan terhadap air (Bidari dkk., 2023). Oleh karena itu, perlu adanya penambahan bahan alami seperti kitosan dalam pembuatan bioplastik agar dapat meningkatkan ketahanannya terhadap air. Kitosan berfungsi untuk mengurangi kecepatan penyerapan air dan kelembapan, sehingga meningkatkan uji mekanik pada bioplastik (Hilwatullisan & Hamid, 2019).

2.1.3 Kitosan

Kitosan merupakan salah satu bahan alami yang dapat digunakan dalam pembuatan bioplastik pati talas. Kitosan dapat diperoleh dari deasilasi kitin (Gambar 2.2) dari limbah kulit pada hewan *crustacea*, proses diastilasi kitin menggunakan pelarut NaOH yang menjadikan gugus asetil pada kitin menjadi gugus Amina pada kitosan (Meilinda dkk., 2023). Struktur kitosan yang diperoleh dari hasil kitin memiliki bentuk yang memungkinkan interaksi yang baik dengan pati, sehingga dapat meningkatkan stabilitas dan daya tahan produk akhir (Kristiningsih dkk., 2024).



Gambar 2.2 Reaksi Deasilasi Kitin Menjadi Kitosan
(Meilinda dkk., 2023)

Kitosan merupakan turunan kitin yang bersifat hidrofobik serta dapat membentuk film dan membran dengan baik (Afif dkk., 2018). Sifat pada kitosan juga memiliki biodegradabilitas yang tinggi, sehingga dapat terurai secara alami tanpa meninggalkan residu yang berbahaya (Aritonang dkk., 2024). Sifat tersebut sangat penting dalam pembuatan plastik ramah lingkungan. Penambahan kitosan pada bioplastik pati talas dapat meningkatkan interaksi antara molekul pati dan kitosan itu sendiri. Kitosan sebagai biopolimer memiliki gugus fungsi amina, gugur hidrosil primer dan sekunder yang mengakibatkan kitosan memiliki kereaktifan kimia yang tinggi sehingga dapat membentuk ikatan hidrogen antar rantai dengan amilosa dan amilopektin dalam pati (Afif dkk., 2018). Hal tersebut mengakibatkan sifat mekanik dari bioplastik yang dikembangkan meningkat.

Keunggulan dari penggunaan kitosan lainnya yaitu dapat sebagai antibakteri yang membantu mengurangi kontaminasi mikroba pada produk bioplastik pati talas. Kitosan mengandung enzim lisozim serta gugus amino polisakarida serta bersifat polikationik untuk menjaga protein yang bisa mencegah pertumbuhan mikroba patogen (Meilinda dkk., 2023). Maka dengan hal tersebut, kitosan memiliki potensi menjadi antimikroba pada bioplastik pati talas. Namun, untuk meningkatkan efektivitas antibakteri, diperlukan penambahan bahan antibakteri lain, seperti ekstrak serai, yang juga memiliki sifat antibakteri yang kuat (Winato dkk., 2019). Ekstrak serai bisa didapatkan dari proses ekstraksi pada tanaman serai (*Cymbopogon citratus*), khususnya pada bagian batang tanaman serai.

2.1.4 Serai

Tanaman serai merupakan salah satu tanaman herbal yang dikenal luas karena khasiatnya dalam pengobatan tradisional dan sebagai bahan penyedap makanan. Berdasarkan klasifikasi atau taksonomi tanaman, serai memiliki nama latin *Cymbopogon citratus*. Klasifikasinya menurut (Andita, 2020) adalah sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Ordo : Poales
Famili : Araceae
Genus : *Cymbopogon*
Spesies : *Cymbopogon citratus*



Gambar 2.3 Tanaman Serai
Dokumentasi Pribadi

Tanaman serai (Gambar 2.3) memiliki potensi sebagai sumber ekstrak antibakteri. Skrining fitokimia pada tanaman serai menunjukkan bahwa tanaman serai mengandung senyawa metabolit sekunder seperti tannin, alkaloid, saponin,

tripernoid/steroid, fenolik, dan flavonoid (Najmah dkk., 2023). Selain itu, ekstrak tanaman serai ini memiliki senyawa aktif seperti sitonelal dan geraniol, yang memiliki aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap berbagai jenis bakteri patogen (Kurniawan dkk., 2020).

Sifat antibakteri dari ekstrak serai bekerja melalui mekanisme interaksi langsung dengan membran sel bakteri, sehingga dapat merusak struktur sel dan mengganggu metabolisme dari bakteri. Senyawa aktif pada ekstrak serai dapat menyerang komponen-komponen sel bakteri yang memiliki sejumlah besar protein asam nukleat, enzim, membrane semipermeable dan dinding sel, senyawa tersebut dapat menyerang salah satu komponen sel bakteri dan mengakibatkan kerusakan pada sel bakteri (Erlyn, 2016). Aktivitas senyawa pada ekstrak serai yang menghambat bakteri disebabkan kemampuan senyawa untuk berikatan dengan protein ekstraseluler dan dinding sel bakteri, senyawa tersebut bersifat lipofilik, sehingga mampu melakukan disrupsi terhadap membrane sel bakteri, dan mekanisme penghambatannya melalui perusakan lipid bakteri (Siregar dkk., 2022).

Secara keseluruhan, tanaman serai menawarkan potensi yang signifikan sebagai sumber antibakteri alami pada bioplastik yang dikembangkan. Penambahan ekstrak serai pada bioplastik dapat meningkatkan aktivitas antibakteri produk tersebut terhadap berbagai bakteri patogen, termasuk pada bakteri *Escherichia coli*. Dengan mengintegrasikan ekstrak serai ke dalam bioplastik, bioplastik akan mendapatkan perlindungan tambahan terhadap aktivitas mikroba, sehingga mengurangi risiko kontaminasi pada kemasan plastik alami dan meningkatkan umur simpan produk.

2.1.5 Aktivitas Antibakteri

Aktivitas antibakteri merupakan kemampuan suatu zat untuk menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri patogen (Fransisca dkk., 2020). Aktivitas antibakteri merujuk pada suatu kemampuan suatu zat atau senyawa dalam menghambat pertumbuhan atau bahkan membunuh bakteri patogen. Pengendalian mikroorganisme bertujuan untuk mencegah adanya penyebaran penyakit dan infeksi, membasmi mikroorganisme pada inang yang terinfeksi, dan mencegah pembusukan serta kerusakan bahan oleh mikroorganisme (Widya dkk., 2024). Aktivitas antibakteri sangat penting dalam pengendalian infeksi, terutama yang disebabkan oleh bakteri patogen, termasuk *Escherichia coli*, yang merupakan salah satu patogen utama penyebab infeksi saluran pencernaan (Apriliyani, 2017). Oleh karena itu, aktivitas antibakteri ini sangat penting untuk menghindari adanya kontaminasi bakteri yang dapat menyebabkan penyakit serius, terutama melalui kontaminasi makanan dan air.

Kasus kontaminasi bakteri *Escherichia coli* sering ditemukan. Bakteri ini dapat menyebar melalui kegiatan tangan ke mulut atau penyebaran melalui makanan atau minuman yang telah terkontaminasi oleh bakteri tersebut (Apriliyani, 2017). Bakteri *E.coli* yang terdapat pada makanan dan minuman dapat masuk ke dalam tubuh manusia sehingga menyebabkan beberapa penyakit seperti kolera, disentri, dan diare (Rahwan, 2017). Selain itu, kontaminasi dari bakteri *E.coli* dapat menyebabkan infeksi pada saluran kencing pada manusia (Apriliyani, 2017). Klasifikasi dari bakteri *Escherichia coli* menurut (Adriana, 2017) adalah sebagai berikut.

Kingdom : Bacteria
Filum : Proteobacteria
Kelas : Gamma Proteobacteria
Ordo : Enterobacteriales
Famili : Enterobacteriaceae
Genus : *Escherichia*
Spesies : *Escherichia coli*

Bakteri *Escherichia coli* (Gambar 2.4) merupakan salah satu spesies bakteri gram negatif, yang memiliki bentuk batang pendek (kokobasil) dengan panjang sekitar 2µm, diameter 0,7 µm dan lebar 0,4-0,7 µm dengan sifat anaerob fakultatif (Hendrawan, 2018). Bakteri ini memiliki toleransi pada suhu 60°C selama 15 menit dan pada suhu 55°C selama 60 menit. Bakteri ini membentuk koloni bulat, cembung serta lembut dengan tepi yang berbeda. Koloni *enterobacteria* serupa tapi dalam beberapa hal lebih mucoid (Dewi dkk., 2024). Bakteri ini merupakan mikroba yang banyak ditemukan dalam usus besar manusia sebagai flora normal, memiliki sifat unik karena jika keberadaannya dalam usus meningkat, akan menyebabkan infeksi primer pada usus seperti diare (Dwiyaniti dkk., 2018).



Gambar 2.4 Bakteri *Escherichia coli*
(Suparno dkk., 2022)

Kontaminasi dari bakteri *E. coli* pada makanan dan minuman dapat dicegah dengan memasak makanan tersebut dengan sempurna, karena sifat dari bakteri tersebut sensitif pada suhu panas (Apriliyani, 2017). Selain hal tersebut, dapat juga dengan menjaga kebersihan diri dengan mencuci tangan sebelum dan sesudah mengolah makanan, serta menjaga kebersihan tempat makanan. Oleh karena itu, dalam pengembangan bioplastik dapat menambahkan bahan aktif alami sebagai bentuk pertahanan dari kontaminan bakteri, sehingga makanan yang dikonsumsi dengan menggunakan bioplastik antibakteri dapat meminimalisir adanya infeksi dari bakteri. Aktivitas antibakteri pada beberapa bahan biologis penting untuk dijadikan sumber belajar biologi, karena dengan adanya materi mengenai aktivitas antibakteri pada sumber belajar dapat memberikan informasi mengenai mekanisme antibakteri, cara memanfaatkan bahan aktif pada tanaman, hal tersebut penting sebagai sumber belajar biologi, utamanya pada pemanfaatan bahan lokal sekitar.

2.1.6 Sumber Belajar

Sumber belajar merupakan segala sesuatu yang mendukung dalam proses pemahaman dan perubahan yang positif. Sumber belajar adalah semua sumber termasuk diantaranya pesan, orang, bahan, alat, teknik, dan latar yang dimanfaatkan sebagai sumber untuk kegiatan belajar dan mampu meningkatkan kualitas belajar serta hasil belajar (Supriadi, 2015). Sumber belajar dapat beraneka ragam jenis dan bentuknya, bukan hanya dalam bentuk cetakan seperti buku akan tetapi mahasiswa dapat memanfaatkan sumber belajar yang lainya seperti video, radio, televisi, dan teknologi komputer untuk meningkatkan interaksi dan terjadinya umpan balik dengan mahasiwa (Mclsaac & Gunawerdena, 1996).

Penggunaan sumber belajar yang beragam akan membuat pembelajaran menjadi lebih menarik dan dapat menyesuaikan dengan karakter maupun kebutuhan pembelajaran, sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai dengan efektif (Budi dkk., 2023). Sumber belajar yang memadai dapat membantu belajar secara mandiri dan tidak menganggap pendidik sebagai satu-satunya sumber belajar. Mahasiswa akan menjadi lebih aktif dan kreatif untuk menggali hal-hal baru yang berkaitan dengan materi yang sedang dipelajari.

Sumber belajar memiliki peran penting dalam pendidikan, di mana pemahaman konsep-konsep yang kompleks sangat diperlukan (Supriadi, 2015). Sumber belajar ini mencakup berbagai bentuk, seperti buku, artikel, video, alat pegara, dan pengalaman langsung, yang semuanya berkontribusi untuk meningkatkan pemahaman mengenai aspek-aspek biologi, termasuk ekosistem, genetika, dan bioteknologi (Muhammad, 2018). Dengan memanfaatkan sumber belajar yang beragam, mahasiswa tidak hanya dapat memahami teori, tetapi juga terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran melalui eksperimen, observasi, dan penelitian.

Pada hasil penelitian, seperti pengembangan bioplastik berbasis pati talas dan kitosan dengan penambahan ekstrak serai sebagai antibakteri, dapat menjadi sumber belajar yang berfungsi sebagai referensi penting. Hasil dari penelitian tersebut kemudian didokumentasikan dalam bentuk *e-booklet*, yang tidak hanya menyajikan informasi terstruktur mengenai bioplastik, tetapi juga berfungsi sebagai sumber belajar yang dapat diakses oleh mahasiswa. Salah satu contoh sumber belajar, yaitu penggunaan *e-booklet* yang memuat hasil penelitian terbaru. *E-*

booklet memiliki nilai lebih karena dapat menyajikan informasi yang mudah dipahami, *e-booklet* hasil penelitian tidak hanya mendidik pembaca, tetapi juga menginspirasi penelitian lebih lanjut di bidang bioplastik dan penggunaan bahan alami lainnya.

2.1.7 E-Booklet

Seiring dengan kemajuan teknologi, informasi dan materi pelajaran dapat ditemukan melalui berbagai sumber belajar seperti situs web, *handout* elektronik, buku elektronik (*e-book*), modul elektronik, dan jurnal (Jauharati dkk., 2022). Sumber belajar berbasis elektronik yang dipakai dalam penelitian ini yaitu *e-booklet*. *E-booklet* adalah hasil transformasi dari *booklet* cetak yang dikembangkan menjadi bentuk digital atau berbasis elektronik (Hidayati dkk., 2023). Transformasi ini melibatkan penggunaan berbagai software dan fitur perangkat lunak serta perangkat keras yang mendukung (Sarip dkk., 2022). Pada *e-booklet* yang akan dikembangkan dalam penelitian ini berbasis web untuk memberikan sumber belajar yang menarik dan efektif.

E-booklet adalah salah satu sumber belajar yang memiliki bentuk sederhana dan menarik, selain itu *e-booklet* juga memuat informasi yang jelas, penting, serta mudah dipahami (Maulidatul, 2023). Isi dari sumber belajar *e-booklet* antara lain nama istilah, gambar, dan beberapa jurnal literatur yang dapat menambah wawasan mahasiswa, serta rangkuman penjelasan agar memudahkan pemahaman (Hanifah dkk., 2020). Melalui *e-booklet* dapat memudahkan seseorang karena hanya dengan menggunakan *smartphone* atau perangkat-perangkat lain, pengguna mendapatkan informasi berupa rangkuman, gambar-gambar yang menarik, serta *e-booklet* biologi

ini dapat digunakan sebagai alat bantu dalam memahami materi (Oktariani & Adlini, 2024). Selain itu, dengan memanfaatkan hasil penelitian mengenai bioplastik pati talas, *e-booklet* dapat memberikan wawasan mengenai potensi bioplastik sebagai alternatif plastik ramah lingkungan, pemanfaatan tanaman lokal sebagai produk ramah lingkungan dan sebagai antibakteri, serta wawasan mengenai aktivitas antibakteri dari ekstrak serai pada bakteri *E.coli*.

Penggunaan *e-booklet* mengenai hasil pengembangan bioplastik berbahan dasar pati talas dan kitosan dengan penambahan ekstrak serai sebagai antibakteri, mahasiswa tidak hanya mendapatkan informasi teoritis, tetapi juga dapat menerapkan pengetahuan tersebut dalam proyek penelitian atau praktikum di laboratorium. *E-booklet* tersebut dapat berfungsi sebagai alat bantu dalam memahami materi biologi, serta mendorong mahasiswa untuk berpikir kritis tentang solusi inovatif dalam menghadapi lingkungan. Semua unsur-unsur yang ada di buku dan pada *e-booklet* itu tidak berbeda. Dilihat dari isi dalam sebuah buku, berikut unsur-unsur utama yang terdapat di *e-booklet* menurut Sitepu (2012):

a) Kulit (*cover*) dan isi buku

Pada *e-booklet* diperlukan bentuk cover yang menarik bagi pembaca, dengan menampilkan beberapa part penting yang terdapat pada bagian isi buku agar dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai konten yang ada.

b) Bagian depan (*preliminaries*)

Halaman judul, halaman kosong, halaman judul utama, daftar isi, dan kata pengantar terdapat di bagian depan pada *e-booklet* ini. Angka romawi kecil digunakan untuk mengidentifikasi nomor halaman depan pada setiap *e-booklet*.

c) Bagian teks

Bagian dan bab dibuat pada halaman berikutnya dan diberi nomor halaman berawalan 1, berisi materi yang akan disampaikan kepada mahasiswa. Bagian teks juga mencakup subtitle dan judul bab.

d) Bagian belakang

Daftar pustaka dan glosarium terletak di bagian belakang *e-booklet*. Namun, jika pada *e-booklet* sering menggunakan istilah atau frasa dengan arti tertentu, sebaiknya menggunakan glosarium di dalam teks. Sumber belajar *e-booklet* merupakan pengembangan dari *booklet* cetakan menjadi sebuah *booklet* yang berbentuk digital atau berbasis elektronik dengan menggunakan perangkat lunak dan perangkat keras yang mendukung sehingga dapat digunakan dalam bentuk digital. Pada *booklet* cetak memiliki beberapa kelemahan yaitu memerlukan waktu lama untuk mencetak, sulit menampilkan gerak di halaman, dan perawatan media yang tidak mudah. Untuk mengurangi kelemahan tersebut maka sumber belajar yang digunakan berupa *booklet* dalam bentuk digital menggunakan website *flippdf* yang berisi informasi yang dapat dibuka dengan perangkat elektronik seperti *handphone* dan komputer sehingga diharapkan penggunaan dan penyimpanannya akan lebih praktis. Menurut Muhdar, Indria dan Rusniah (2018) terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan dari *e-booklet*. Berikut kelebihan dari *e-booklet*:

- a) *E-booklet* tidak menggunakan media cetak sehingga tidak mengeluarkan biaya dan mudah untuk dirawat
- b) *E-booklet* dilengkapi dengan foto dan gambar sebagai penunjang materi

- c) Dapat diakses dengan perangkat elektronik sehingga dapat memudahkan dalam mengakses *e-booklet*
- d) Dapat menampilkan gerak, yang membuat informasi lebih interaktif dan menarik

Terdapat beberapa kelemahan dari *e-booklet* yaitu, adalah:

- a) Penggunaan *e-booklet* harus *men-download* terlebih dahulu, sehingga diperlukan koneksi jaringan internet.
- b) *E-booklet* tidak dapat menyebar langsung ke seluruh objek, karena disebabkan keterbatasan penyebaran dan jumlah halaman yang dapat dimuat dalam *booklet*.
- c) Dengan menatap layar komputer atau *handphone* terus menerus akan berpengaruh pada kesehatan mata.

2.2 Kerangka Berpikir

Masalah utama yang dihadapi saat ini adalah peningkatan jumlah sampah plastik yang berdampak buruk pada lingkungan. Setiap tahun, terdapat ribuan plastik dibuang, menyebabkan pencemaran pada tanah dan air, serta mengancam kesehatan manusia dan ekosistem. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut, salah satunya yaitu dengan mengembangkan plastik ramah lingkungan yang dikenal sebagai bioplastik. Salah satu bahan dasar yang digunakan untuk membuat bioplastik adalah pati talas, yang merupakan sumber daya terbarukan dan mudah terurai.

Namun, meskipun pati talas memiliki potensi besar sebagai bahan baku bioplastik, terdapat tantangan yang dihadapi yaitu resistensi yang rendah terhadap

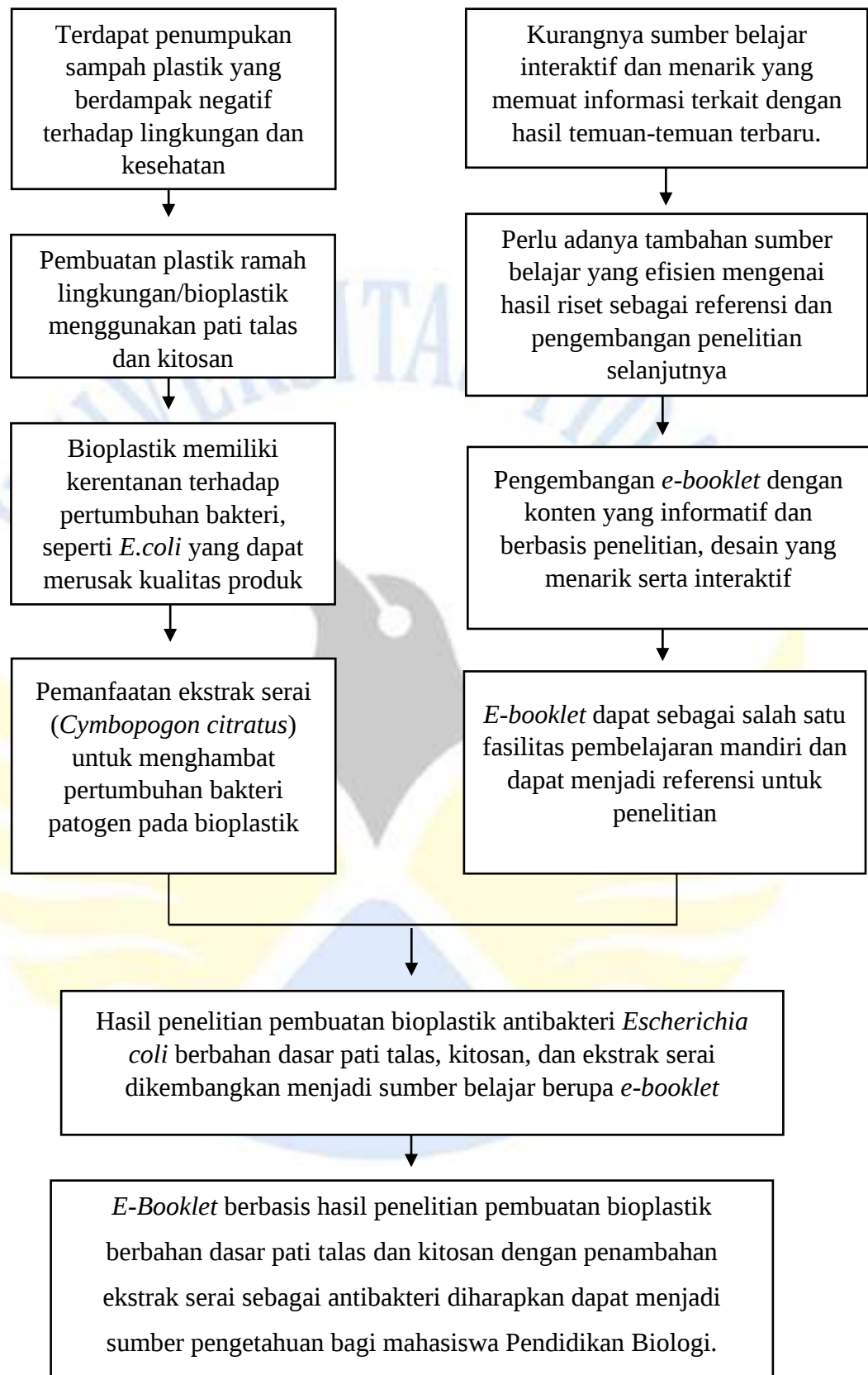
air. Sifat tersebut membatasi penggunaannya dalam aplikasi kemasan pangan, karena ketahanan terhadap kelembapan sangat penting, sehingga penting untuk menambahkan bahan penguat alami seperti kitosan. Bahan alami kitosan tidak hanya dapat meningkatkan sifat mekanik bioplastik, tetapi juga memiliki sifat antibakteri yang dapat membantu mengurangi pertumbuhan mikroba dalam kemasan.

Kitosan memiliki sifat antibakteri, tetapi efektivitasnya terhadap bakteri patogen seperti *Escherichia coli* masih perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, penambahan ekstrak dari bahan alami perlu ditambahkan untuk meningkatkan aktivitas antibakteri, salah satunya yaitu dengan penambahan ekstrak serai. Ekstrak serai mengandung senyawa aktif yang memiliki aktivitas antibakteri yang kuat, sehingga dapat meningkatkan efektivitas bioplastik yang dikembangkan dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Kombinasi antara pemanfaatan bahan alami seperti pati talas, kitosan, dan ekstrak serai dalam pembuatan bioplastik dapat menjadi sumber belajar yang menarik bagi mahasiswa.

Hasil pengembangan bioplastik dari bahan ramah lingkungan dan antibakteri dapat menunjukkan kombinasi tersebut tidak hanya menghasilkan bioplastik yang aman, tetapi juga memberikan kontribusi positif terhadap kesehatan dan keselamatan pangan. Oleh karena itu penyebaran informasi ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa mengenai bioplastik dan keberlanjutan, sehingga dibuat sebuah sumber belajar berupa *e-booklet*. Pengembangan *e-booklet* ini berisi informasi mendalam mengenai bioplastik, proses pembuatan bioplastik, manfaat, dan pengaplikasiannya. Melalui

pengembangan *e-booklet*, informasi mengenai potensi penggunaan ekstrak serai dalam bioplastik berbasis pati talas untuk antibakteri akan disebarluaskan kepada mahasiswa, maupun masyarakat untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya inovasi dalam pengembangan bahan kemasan yang ramah lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfokus pada pengembangan bioplastik, tetapi juga memberikan edukasi yang bermanfaat bagi mahasiswa mengenai penggunaan bahan alami dalam industri kemasan dan menjaga lingkungan. Kerangka berpikir yang digunakan dalam penelitian ini terdapat pada gambar 2.5





Gambar 2.5 Kerangka Berpikir

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian campuran (*mixed method*) yang terbagi kedalam dua tahapan. Pada tahap pertama yaitu penelitian eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Kemudian pada tahap kedua melakukan penelitian pengembangan R&D (*Research and Development*) bentuk ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) yang dilakukan untuk mengembangkan hasil dari penelitian berupa *e-booklet* hasil pembuatan bioplastik berbahan dasar pati talas dan kitosan dengan penambahan ekstrak serai sebagai antibakteri. Tujuan dari penelitian *mixed method* untuk memperluas dan memperkuat kesimpulan penelitian serta memberikan kontribusi dalam menjawab pertanyaan penelitian. Penelitian dengan metode campuran memperoleh pengetahuan dan validasi yang tinggi (Getar, dkk 2023).

3.1 Penelitian Tahap I (Eksperimen)

3.1.1 Tempat Penelitian

Pembuatan ekstrak serai (*Cymbopogon citratus*), uji pengaruh terhadap bakteri *Escherichia coli* dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Universitas Tidar.

3.1.2 Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini adalah bioplastik yang dihasilkan dari kombinasi bahan-bahan alami yaitu pati talas, kitosan, dan penambahan ekstrak serai sebagai antibakteri. Pada penelitian ini akan fokus pada pembuatan, karakterisasi, dan

evaluasi efektivitas bioplastik sebagai kemasan pangan yang ramah lingkungan serta memiliki sifat antibakteri.

3.1.3 Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini diambil dari bioplastik yang telah dibuat. Dari setiap variasi yang telah dibuat, diambil 3 sampel untuk ulangan analisis lebih lanjut. Total sampel yang diuji mencakup 9 variasi bioplastik, sehingga total jumlah sampel yang diuji adalah 27 sampel. Sampel ini digunakan untuk menguji sifat mekanik berupa ketebalan bioplastik dan sifat antibakteri pada bakteri *Escherichia coli*.

3.1.4 Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian eksperimen, yaitu autoklaf, bejana maserasi, mikropipet, seperangkat alat gelas, timbangan analitik, thermometer, *hot plate*, inkubator, spatula, ose bulat, rak tabung reaksi, oven, *catton swab*, penggaris, nampan, pisau, gunting, *micrometer*, saringan, toples, alkohol spray.

2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah batang pada tanaman serai, pati talas, kitosan, gliserol, tween, aquades, alkohol 96%, kertas saring, kapas, tisu, bakteri *Escherichia coli*, media *Natrium Agar* (NA), aluminium foil, NaCl fisiologis 0,9%, kertas cakram, media MC Farland.

3.1.5 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini terdiri dari variabel bebas (*independent*), dan variabel terikat (*dependen*). Variabel bebas yang digunakan adalah berbagai macam konsentrasi pada pati talas (0,25%, 0,5%, 0,75%), kitosan (3%, 4%, 5%) kontrol positif dengan

penicilin dan tetracycline, kontrol negatif menggunakan kertas cakram yang di rendam dalam larutan pati, kitosan, tween, dan serai, sedangkan variabel terikat yang diukur adalah diameter zona bening di sekitar kertas cakram pada pengujian antibakteri.

3.1.6 Definisi Operasional

1. Ekstrak Serai

Ekstrak serai merupakan larutan yang dihasilkan dari proses maserasi serai menggunakan larutan etanol. Tujuan maserasi yaitu untuk mengekstraksi senyawa aktif pada serai sebagai bahan tambahan dalam pembuatan bioplastik. Cara melakukan maserasi yaitu dengan memasukkan potongan sampel serai kedalam wadah tertutup rapat dan disimpan pada suhu ruang selama 24 jam dengan satu kali adukan. Proses maserasi ini menggunakan larutan etanol 96%. Konsentrasi dari ekstrak serai yang digunakan dalam penelitian ini diukur dalam satuan persen (%), yang menunjukkan proporsi ekstrak serai terhadap total volume larutan.

2. Uji Ketebalan

Sifat fisik yang menentukan kualitas dan penggunaan kemasan antara lain ketebalan, pemanjangan (*elongation*), dan kekuatan peregangan. Ketebalan menentukan ketahanan bioplastik terhadap laju perpindahan uap air, gas, dan senyawa volatil lainnya. Ketebalan bioplastik dipengaruhi oleh banyaknya total padatan dalam larutan dan ketebalan cetakan. Dengan cetakan yang sama, film yang terbentuk akan lebih tebal apabila volume larutan yang dituangkan ke dalam cetakan lebih banyak. Demikian juga dengan total padatan yang akan membentuk bioplastik menjadi lebih tebal dengan jumlah yang lebih banyak.

3. Aktivitas Antibakteri

Aktivitas antibakteri dalam penelitian ini diukur melalui pengujian daya hambat bioplastik pati talas dengan penambahan kitosan dan ekstrak serai terhadap pertumbuhan bakteri. pada penelitian ini akan menguji bioplastik dengan bakteri dari gram negatif yaitu *Escherichia coli*. Pengujian dilakukan menggunakan metode difusi agar, dalam metode tersebut bioplastik akan ditempatkan pada media agar yang diinokulasikan dengan bakteri. Setelah inkubasi, diameter zona hambat yang terbentuk diukur dalam milimeter (mm). Zona hambat ini akan menunjukkan efektivitas penambahan kitosan dan ekstrak serai dalam menghambat pertumbuhan bakteri *E.coli*.

3.1.7 Prosedur Kerja

1. Ekstraksi Serai (*Cymbopogon citratus*)

Pembuatan ekstrak serai menggunakan bagian pada batang tanaman serai (*Cymbopogon citratus*). Batang pada tanaman serai dipilih yang sudah cukup besar dan tidak terserang penyakit. Batang tanaman tersebut kemudian dicuci hingga bersih lalu dipotong menjadi bagian-bagian kecil dan diangin-anginkan didalam ruangan tanpa terkena sinar matahari. Setelah itu, masuk dalam tahapan maserasi dari sampel tanaman serai.

Maserasi pada sampel tanaman serai dibuat dengan cara menimbang sampel serai sebanyak 100 gram dan dimasukkan ke dalam toples kaca. Kemudian dimaserasi dengan merendam sampel menggunakan etanol 96% sebanyak 200 mL (sampai semua sampel terendam oleh etanol 96%) selama 24 jam dengan satu kali pengadukan. Setelah perendaman selama 24 jam, larutan hasil maserasi kemudian

dievaporasi menggunakan alat destilasi sederhana menggunakan penangas air. Residu yang tersisa setelah proses evaporasi merupakan hasil ekstrak etanol dari tanaman serai.

2. Pembuatan Pati dari Umbi Talas

Umbi talas dibersihkan terlebih dahulu dari kulit dan kotorannya menggunakan air mengalir, sehingga mendapat sampel yang bersih. Kemudian, umbi talas dipotong menjadi bagian kecil. Umbi talas tersebut kemudian dimasukkan dalam *blender* dengan ditambahkan air dengan perbandingan 1:1 dengan berat umbi talas, lalu *diblender* hingga halus. Hasil *blender* kemudian disaring terlebih dahulu, lalu filtrat yang dihasilkan didiamkan terlebih dahulu selama 24 jam hingga terbentuk endapan. Jika telah terbentuk endapan (pati), air dapat dibuang, lalu endapan pati dicuci dengan cara menambahkan air bersih pada pati tersebut, diaduk, lalu didiamkan selama 1 jam kemudian airnya dibuang. Hasil endapan tersebut dikeringkan dengan oven pada suhu 80°C selama 15 menit (Sinaga dkk., 2014). Pati yang telah kering, kemudian dihaluskan dengan menumbuk hingga mendapatkan tekstur seperti tepung.

3. Pembuatan Bioplastik Pati Talas dan Kitosan dengan Penambahan Ekstrak Serai

Pada pembuatan bioplastik berbahan dasar pati talas dan kitosan dengan penambahan ekstrak serai dimulai dengan penyusunan formula dengan acuan penelitian yang dilakukan oleh Illing dan Alam (2020), selanjutnya menyiapkan bahan-bahan yang diperlukan. Langkah pembuatan yang pertama yaitu pati talas ditimbang sebanyak 0,25, 0,5, dan 0,75 gram. Kemudian ditambahkan aquades

masing-masing sebanyak 100 mL, setelah itu disaring terlebih dahulu untuk memastikan tidak terdapat kotoran, kemudian dihomogenkan dengan suhu 80-90°C. Setelah itu, ditambahkan kitosan sebanyak 20 mL dengan berbagai konsentrasi (3%, 4%, 5%) yang telah dilarutkan dalam CH₃COOH, 0,5 mL tween, 1 mL gliserol, dan 0,5 mL ekstrak serai (*Cymbopogon citratus*). Kemudian dipanaskan kembali sambil diaduk hingga homogen. Selanjutnya, dituang ke cawan petri dan dikeringkan dalam oven selama 5 jam pada suhu 70°C (Wahyudi dkk., 2020). Setelah kering, didiamkan pada suhu kamar hingga dingin lalu bioplastik dapat dilepas dan disimpan. Formula bioplastik dapat dilihat pada Tabel 3.1 yaitu sebagai berikut:

Tabel 3.1 Formula Bioplastik

Bahan	Formula								
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Ekstrak Serai (mL)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Pati Talas (gr)	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75
Kitosan (20 mL)	3%	4%	5%	3%	4%	5%	3%	4%	5%
Tween (mL)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Gliserol (mL)	1	1	1	1	1	1	1	1	1

3.1.8 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 ulangan dan 9 perlakuan. Konsentrasi yang digunakan adalah pati talas dan kitosan, kontrol positif dengan menggunakan penisilin dan tetracycline, kontrol negatif menggunakan kertas cakram yang di rendam dalam larutan pati, kitosan, tween, dan serai. Rancangan percobaan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2 yaitu sebagai berikut.

Tabel 3.2 Rancangan Acak Lengkap

U1P1	U1P2	U1P3	U1P4	U1P5	U1P6	U1P7	U1P8	U1P9
U2P1	U2P2	U2P3	U2P4	U2P5	U2P6	U2P7	U2P8	U2P9
U3P1	U3P2	U3P3	U3P4	U3P5	U3P6	U3P7	U3P8	U3P9

Keterangan:

U1 : Ulangan 1 U2: Ulangan 2 U3: Ulangan 3

P1: 0,25% Pati talas + 3% kitosan

P2: 0,25% Pati talas + 4% kitosan

P3: 0,25% Pati talas + 5% kitosan

P4: 0,5% Pati talas + 3% kitosan

P5: 0,5% Pati talas + 4% kitosan

P6: 0,5% Pati talas + 5% kitosan

P7: 0,75% Pati talas + 3% kitosan

P8: 0,75% Pati talas + 4% kitosan

P9: 0,75% Pati talas + 5% kitosan

3.1.9 Teknik Analisis Data Penelitian Eksperimen

1) Uji Ketebalan Bioplastik

Uji ketebalan pada bioplastik berbahan dasar pati talas dan kitosan dengan penambahan ekstrak serai digunakan untuk mengetahui sifat mekanik dari bioplastik yang dikembangkan. *Thickness* (ketebalan) merupakan salah satu faktor acuan yang akan menunjukkan kemampuan dan kegunaan dari bioplastik. Untuk mendapatkan angka ketebalan yang tepat maka pengujian menggunakan

micrometer dengan ketelitian 0,01 mm. Sampel bioplastik dipotong menjadi ukuran 1x5 cm, kemudian menentukan 3 titik yang akan diukur seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Titik Pengukuran
(Dokumentasi Pribadi)

Pengujian ketebalan akan mengikuti acuan *Japanese Industrial Standar (JIS) 2-1707 1975*, perumusan dalam menghitung ketebalan dapat dilihat dibawah ini.

$$\text{Ketebalan rata-rata} = \frac{(\text{titik 1} + \text{titik 2} + \text{titik 3})}{3}$$

Untuk acuan standar ketebalan dari bioplastik menggunakan acuan *Japanese Industrial Standar 2-1707 1975*, hal ini karena pada acuan tersebut memberikan pedoman yang terstruktur mengenai ketebalan dan sifat fisik dari material plastik. Pada standar ketebalan bioplastik pada acuan JIS 2-1707 1975 maksimal di 0,25 mm (Widodo dkk., 2019).

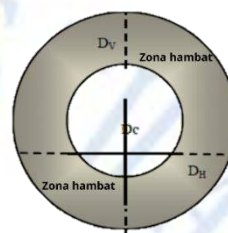
2) Uji Antibakteri Pada Bioplastik

Uji aktivitas antibakteri dari bioplastik menggunakan metode difusi agar. Bioplastik dengan berbagai perlakuan, kontrol positif dengan menggunakan ampicillin dan tetracycline, dan kontrol negatif menggunakan kertas cakram yang di rendam dalam larutan pati, kitosan, tween, dan serai. Kemudian kertas cakram, bioplastik, dan kontrol positif diletakkan di atas permukaan media NA (*Natrium agar*) yang telah diberi suspense bakteri *Escherichia coli*. Setelah itu, dilakukan inkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Aktivitas antimikroba dapat dilihat dari adanya diameter daya hambat dan konsentrasi hambat minimum yang berupa zona bening pada media

NA. Diameter zona bening dapat diukur dengan jangka sorong (*caliper*) dalam satuan milimeter (mm).

Kultur uji antibakteri yang telah diinokulasikan selama 24 jam, kemudian dapat dihitung zona hambatnya. Diameter zona hambat dari aktivitas antibakteri bioplastik dapat dihitung secara vertikal dan horizontal sesuai dengan rumus berikut menurut (Surjowardojo dkk., 2015).

$$D = \frac{(Dv - Dc) + (Dh - Dc)}{2}$$



Keterangan:

D = diameter zona hambat
 Dv = diameter vertikal
 Dh = diameter horizontal
 Dc = diameter kertas cakram

Gambar 3.2 Pengukuran Zona Hambat
 (Dokumentasi Pribadi)

Setelah mendapatkan diameter zona hambat, selanjutnya hasil tersebut diklasifikasikan menjadi beberapa kategori. Klasifikasi ini penting untuk memahami efektivitas senyawa yang diuji terhadap pertumbuhan bakteri. Nilai persentase aktivitas bakteri dapat diklasifikasikan kedalam beberapa tingkatan, yaitu terdapat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Klasifikasi Respon Hambat Pertumbuhan Bakteri	
Diameter Zona Terang	Respon Hambatan Pertumbuhan
>26,8 mm	Sangat kuat (<i>very strong</i>)
10,4 – 26,8 mm	Kuat (<i>strong</i>)
6,3 – 10,3 mm	Sedang (<i>moderate</i>)
<6,2 mm	Lemah (<i>weak</i>)

(Surjowardojo dkk., 2015)

3.2 Penelitian Tahap II (Pengembangan)

3.2.1 Desain Penelitian

Model penelitian yang digunakan adalah model penelitian dan pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) yang merupakan suatu model yang didalamnya merepresentasikan tahapan-tahapan secara sistematis (tertata) dan sistematis dalam penggunaan bertujuan untuk tercapainya hasil yang diinginkan.

3.2.2 Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini adalah mahasiswa Pendidikan Biologi Universitas Tidar. Penelitian ini fokus pada pengembangan *e-booklet* mengenai bioplastik berbahan dasar pati talas dan kitosan dengan ekstrak serai sebagai antibakteri serta manfaatnya sebagai kemasan pangan.

3.2.3 Populasi dan Sampel

a. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh mahasiswa Pendidikan Biologi di Universitas Tidar. Populasi ini mencakup dari berbagai angkatan yang memiliki latar belakang dan pemahaman yang beragam mengenai pemanfaatan bahan alami sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik.

b. Sampel

Sampel dalam penelitian ini akan diambil dari populasi mahasiswa Pendidikan Biologi dengan menggunakan teknik *sampling purposive*. Sampel akan diambil memiliki ketentuan, mahasiswa Pendidikan Biologi angkatan 2023, angkatan 2022, dan angkatan 2021 yang telah atau sedang mengambil mata kuliah mikrobiologi

pangan. Menurut Arikunto (2013) mengatakan bahwa subjek yang kurang dari seratus dapat untuk dianalisis semua sehingga penelitiannya merupakan populasi. Namun, jika jumlah pada subjek besar, dapat menganalisis antara 10-15% atau 15-25%. Pada keseluruhan populasi semuanya berjumlah 334 orang, maka berdasarkan pendapat diatas jumlah sampel dalam penelitian ini dapat diambil 18% dari keseluruhan jumlah populasi, sehingga didapat jumlah sampel untuk penelitian ini berjumlah 60 orang.

3.2.4 Prosedur Penelitian

Pada pengembangan ini akan dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah dikembangkan oleh Robert Maribe Branch (2010), yang terdiri dari lima langkah. Kelima langkah tersebut adalah: *Analysis* (analisis), *design* (desain), *development* (pengembangan), *implementation* (implementasi), *evaluation* (evaluasi). Berdasarkan langkah-langkah tersebut, dapat dijelaskan lebih rinci untuk mempermudah dalam memahaminya, yaitu sebagai berikut.

1. Analisis (*Analysis*)

Tahap analisis merupakan tahap pengembangan terkait analisis kegiatan serta kondisi, sehingga perlu ditemukan suatu produk yang dikeluarkan serta dikembangkan (Sugiyogo, 2015). Tujuan dari tahapan ini yaitu untuk mendapatkan produk yang sesuai sasaran kebutuhan pada mahasiswa. Tahap analisis terdapat beberapa langkah, yaitu.

a) Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan informasi dari berbagai sumber untuk memahami kebutuhan dan harapan terkait materi pembelajaran. Survei dilakukan

untuk mengidentifikasi topik-topik yang dianggap penting dan relevan dalam pembelajaran biologi, khususnya mengenai keberlanjutan dan inovasi dalam pemanfaatan bahan alami. Selain itu, analisis juga mencakup penilaian terhadap pengetahuan awal mahasiswa mengenai bioplastik dan sifat antibakteri dari ekstrak serai, sehingga konten *e-booklet* dapat disesuaikan dengan tingkat pemahaman. Hasil dari analisis kebutuhan ini akan menjadi dasar untuk merumuskan tujuan pembelajaran yang jelas dan spesifik, serta memastikan *e-booklet* yang dikembangkan dapat memberikan kontribusi dalam proses pembelajaran.

b) Analisis Mahasiswa

Pada tahap ini dilakukan untuk mengenali karakteristik mahasiswa yang akan menggunakan sumber belajar. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan untuk mengetahui karakteristik mahasiswa antara lain yaitu kemampuan akademik individu, karakteristik fisik, kemampuan kerja kelompok, dan motivasi belajar. Dalam kaitannya dengan pengembangan sumber belajar, karakteristik mahasiswa perlu diketahui untuk menyusun sumber belajar yang sesuai dengan kemampuan akademiknya. Apabila tingkat pengetahuan mahasiswa masih rendah, maka dalam penulisan sumber belajar harus menggunakan bahasa dan kata-kata sederhana yang mudah dipahami.

c) Analisis Tujuan

Pada tahap ini, tujuan pembelajaran dirumuskan untuk memastikan bahwa pengembangan *e-booklet* dapat memenuhi kebutuhan pendidikan dan memberikan manfaat bagi mahasiswa. Tujuan pembelajaran ini dirancang berdasarkan hasil analisis kebutuhan dan potensi yang telah dilakukan sebelumnya.

2. Tahap Perancangan (*Design*)

Tahap perancangan sumber belajar *e-booklet* mulai dirancang sesuai dengan hasil dari tahap analisis. Pada proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa materi yang disajikan relevan dan mudah untuk dipahami oleh pengguna. Rancangan ini dilakukan dengan menyusun draft *e-booklet*. Penyusunan sumber belajar *e-booklet* dilakukan secara sistematis, yaitu sebagai berikut.

- 1) *Cover*
- 2) Kata pengantar
- 3) Daftar isi
- 4) Kompetensi dasar, indikator, tujuan pembelajaran
- 5) Penjelasan mengenai konsep dasar bioplastik
- 6) Penjelasan mengenai pemanfaatan bahan alami dalam bioplastik
- 7) Penjelasan mengenai ekstrak serai sebagai bahan antibakteri
- 8) Penjelasan mengenai metode uji terhadap bakteri *Escherichia coli*
- 9) Kesimpulan
- 10) Daftar Pustaka
- 11) Penutup

Sumber belajar *e-booklet* disusun menggunakan aplikasi *Canva* dengan ukuran kertas A5. Pembuatan sumber belajar disesuaikan dengan rancangan yang telah disusun. Sumber belajar yang telah disusun di *Canva* kemudian dimasukkan ke dalam website *heyzine* untuk dijadikan digital dan akan diperoleh *link* untuk mempermudah mengakses *e-booklet* tersebut.

3. Pengembangan (*Development*)

Langkah ketiga ini yaitu mengembangkan sumber belajar berdasarkan rancangan awal. Adapun tahap-tahap yang dilakukan peneliti dalam mengembangkan sumber belajar *e-booklet* yang pada setiap tahap dirancang untuk memastikan bahwa sumber belajar dapat memenuhi kebutuhan pengguna adalah sebagai berikut.

a. Pra-Penulisan Sumber Belajar *E-Booklet*

Sebelum dilakukan penulisan sumber belajar *e-booklet*, dilakukan proses penelitian dan pengumpulan data hasil penelitian pengembangan bioplastik. Selain itu, dilakukan pengumpulan referensi untuk menyusun sumber belajar *e-booklet*.

b. Penulisan

Sumber belajar *e-booklet* disusun berdasarkan komponen dan tahap penyusunan yang telah ditentukan, dengan memperhatikan kebutuhan pembelajar serta tujuan pembelajaran yang ingin dicapai. Proses penyusunan meliputi pengumpulan materi, penyusunan konten, dan desain yang menarik. Sumber belajar yang telah disusun dikonsultasikan kepada dosen pembimbing untuk mendapatkan saran dan masukan sebelum melakukan penilaian kepada validator.

c. Penyuntingan

Tahap penyuntingan sumber belajar *e-booklet* dilakukan untuk memperoleh penilaian dari validator ahli Pendidikan Biologi. Validator mengisi instrumen penilaian produk *e-booklet* yang telah disediakan dan sebelumnya telah divalidasi oleh ahli Pendidikan Biologi. Penilaian produk *e-booklet* dilakukan untuk mengetahui kualitas *e-booklet* apakah dapat dijadikan sumber belajar atau tidak.

Pada tahap penyuntingan juga dilakukan revisi-revisi pada produk *e-booklet* sesuai dengan saran dan masukan validator ahli Pendidikan Biologi.

d. Uji Coba Produk di Kelas Terbatas

Setelah *e-booklet* yang dikembangkan dinyatakan valid maka diperlukan uji coba produk di kelompok kecil dengan jumlah 30 mahasiswa Pendidikan Biologi yang terdiri dari 8 mahasiswa angkatan 2021, 11 mahasiswa angkatan 2022, dan 11 mahasiswa angkatan 2023. Pada uji coba produk di kelas terbatas bertujuan untuk menelaah bagian mana yang memerlukan perbaikan. Perbaikan produk dilakukan berdasarkan hasil tanggapan dan masukan mahasiswa pada angket respon yang telah dibagikan. Hasil uji coba dan perbaikan produk ini nantinya akan menghasilkan produk akhir.

4. Implementasi (*Implementation*)

E-booklet yang telah direvisi selanjutnya diuji coba pada sekelompok mahasiswa yang lebih besar sebanyak 60 mahasiswa Pendidikan Biologi yang terdiri dari 16 mahasiswa angkatan 2021, 21 mahasiswa angkatan 2022, dan 23 mahasiswa angkatan 2023 untuk mengetahui kepraktisan *e-booklet* dalam proses belajar mahasiswa.

5. Evaluasi (*Evaluation*)

Berdasarkan tahapan implementasi, *e-booklet* perlu dievaluasi. Pada tahap evaluasi dilakukan revisi akhir terhadap produk yang dikembangkan berdasarkan saran dan masukan mahasiswa yang diberikan selama tahap implementasi.

3.2.5 Teknik Pengumpulan Data

1. Teknik Pengumpulan Data

a. Angket analisis kebutuhan

Pada tahapan ini dilakukan dengan memberikan angket yang berisi pertanyaan guna memperoleh data terkait kebutuhan dalam pengembangan sumber belajar biologi berupa *e-booklet* bioplastik berbahan dasar pati talas dan kitosan dengan ekstrak serai sebagai antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli*. Angket yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk formulir dengan format pengisian *multiple choice*. Angket ini digunakan untuk mengumpulkan data terkait kebutuhan pengembangan produk.

b. Angket respon mahasiswa

Tahap ini dilakukan dengan memberikan angket berisi butir-butir pernyataan untuk memperoleh data terkait kebutuhan dalam pengembangan sumber belajar biologi berupa *e-booklet*. Angket yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk formulir dengan format pengisian *check list*. Responden cukup memberikan tanda *check list* pada kolom jawaban yang sudah disediakan. Angket ini digunakan untuk melihat data respon dalam pengaplikasian sumber belajar *e-booklet* bioplastik pati talas dan kitosan dengan ekstrak serai sebagai antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli*.

2. Instrumen Penelitian

Instrumen penilaian pada penelitian yang akan dilakukan disesuaikan dengan data yang diperoleh berdasarkan kebutuhan, yang dapat dilihat pada tabel 3.4. Penyesuaian ini bertujuan untuk memastikan bahwa instrumen yang digunakan relevan dan efektif dalam mengukur kelayakan *e-booklet*.

Tabel 3.4 Instrumen Pengumpulan Data

Data	Sumber Data	Instrumen Penelitian
Validasi Ahli	Ahli Media	Lembar validasi ahli media
Validasi Ahli	Ahli Materi	Lembar validasi ahli materi
Respon Mahasiswa terhadap produk yang dikembangkan (Uji coba media)	Mahasiswa Pendidikan Biologi	Lembar angket respon mahasiswa
Respon Mahasiswa terhadap produk yang dikembangkan (Uji coba lapangan)	Mahasiswa Pendidikan Biologi	Lembar angket respon mahasiswa

Dalam menyebarkan instrumen penilaian guna menemukan data, instrumen sumber belajar digunakan untuk menilai kualitas sumber belajar berupa *e-booklet*. Pembuatan instrumen dilakukan dengan pembuatan kisi-kisi instrumen, rubrik instrumen, penentuan skala penilaian, pembuatan lembar instrumen penilaian, validasi oleh dosen pembimbing, revisi instrumen berdasarkan penilaian, kemudian instrumen dapat digunakan. Berikut beberapa angket untuk pengumpulan data.

a. Angket Analisis Kebutuhan

Angket analisis kebutuhan digunakan untuk mengetahui kebutuhan mahasiswa Pendidikan Biologi terhadap produk yang akan dikembangkan yaitu *e-booklet* bioplastik dari pati talas dan kitosan dengan ekstrak serai sebagai antibakteri yang berorientasi untuk menambah sumber belajar mahasiswa. Angket analisis kebutuhan ini dapat dilihat pada Lampiran 1.

b. Angket Validasi Ahli

Angket validasi ahli materi dan ahli media berfungsi untuk menilai kevalidan *e-booklet* yang dikembangkan dengan menggunakan fitur website flip pdf agar materi dan media pada *e-booklet* sesuai dengan kebutuhan mahasiswa Pendidikan Biologi. Aspek penilaian validasi ahli materi yaitu kelayakan isi, aspek penyajian, dan aspek kebahasaan yang dapat dilihat pada Lampiran 7, sedangkan penilaian pada validasi

media, aspek yang dinilai yaitu berkaitan dengan pemrograman dan tampilan *e-booklet* yang dapat dilihat pada Lampiran 10.

c. Angket Tanggapan Mahasiswa

Angket tanggapan merupakan angket yang digunakan untuk mengetahui kepraktisan *e-booklet* dari hasil respon mahasiswa yang menggunakan *e-booklet* yang dikembangkan. Melalui angket ini, peneliti dapat mengumpulkan data yang relevan untuk mengevaluasi kepraktisan dari *e-booklet* dalam proses pembelajaran. Aspek yang dinilai pada angket tanggapan ini yaitu berkaitan dengan isi, penyajian, tampilan, dan bahasa yang dapat dilihat pada Lampiran 13.

3.2.6 Teknik Analisis Data

Pengembangan *e-booklet* menggunakan analisis data deskriptif. Analisis deskriptif ini digunakan untuk menganalisis data penilaian kelayakan *e-booklet* dengan perhitungan rata-rata. Data yang telah terkumpul dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu data kuantitatif dan kualitatif. Analisis data kualitatif akan dianalisis secara logis dan bermakna, sedangkan untuk data kuantitatif akan dianalisis dengan cara menggunakan perhitungan rata-rata yang telah tersedia.

1. Analisis Uji Validitas *E-booklet* Hasil Penelitian

Pada uji validitas *e-booklet*, data yang diambil pada angket skala likert berdasarkan pedoman kriteria penilaian skala likert yang dapat dilihat pada tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Kriteria Penilaian Skala Likert

Nilai	Kategori
1	Sangat Tidak Sesuai
2	Tidak Sesuai
3	Sesuai
4	Sangat Sesuai

(Arikunto, 2013)

Validasi *e-booklet* dilakukan oleh ahli materi dan ahli media. Hasil dari validasi ini menjadi acuan untuk perbaikan dan penyempurnaan *e-booklet*. Rumus yang digunakan untuk mengolah persentase validitas *e-booklet* yaitu sebagai berikut.

$$x = \frac{\sum x}{\sum x \times 1} \times 100\%$$

(Sumber: Arikunto, 2013)

Keterangan:

P : Presentase

$\sum x$: Jumlah Skor yang diperoleh

$\sum x \times 1$: Jumlah Skor maksimal

Skor yang telah diperoleh kemudian dirata-rata dan diubah menjadi nilai berkategori. Proses pengkategorian ini penting untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai tingkat pencapaian yang telah dicapai, sehingga memudahkan dalam analisis dan evaluasi hasil penelitian. Pengkategorian skor dapat menggunakan pedoman pada Tabel 3.6 sebagai berikut.

Tabel 3.6 Kategori Pencapaian pada *E-Booklet*

Tinggi Pencapaian	Kategori
$81,25\% < \text{Skor} \leq 100\%$	Sangat Layak
$62,50\% < \text{Skor} \leq 81,25\%$	Layak
$43,75\% < \text{Skor} \leq 62,50\%$	Cukup Layak
$25\% \leq \text{Skor} \leq 43,75\%$	Tidak Layak

(Arikunto, 2013)

Indikator *e-booklet* layak digunakan sebagai sumber belajar minimal dengan kategori layak untuk digunakan sebagai sumber belajar, yang mencakup beberapa aspek penting yaitu konten relevan, akurat, dan sistematis, desain visual menarik, bahasa jelas sesuai target, dan kegunaan dalam pembelajaran.

2. Analisis Respon Mahasiswa

Data tanggapan mahasiswa didapatkan dengan menganalisis angket tanggapan yang telah diisi oleh mahasiswa Pendidikan Biologi di Universitas Tidar. Data tanggapan mahasiswa dianalisis dalam bentuk persentase (%). Rumus yang digunakan untuk mengolah skor tanggapan mahasiswa tersebut adalah sebagai berikut.

$$x = \frac{\sum x}{\sum x 1} \times 100\%$$

(Sumber: Arikunto, 2013)

Keterangan:

P : Presentase

$\sum x$: Jumlah Skor yang diperoleh

$\sum x 1$: Jumlah Skor maksimal

Hasil dari perhitungan skor nilai kelayakan yang telah didapatkan kemudian dirata-rata dan diubah menjadi nilai berkategori. Adapun kategori tanggapan oleh mahasiswa antara lain adalah sebagai berikut pada Tabel 3.7 sebagai berikut.

Tabel 3.7 Kriteria Tanggapan Mahasiswa

Tinggi Pencapaian	Kategori
81,25% < Skor ≤ 100%	Sangat Layak
62,50% < Skor ≤ 81,25%	Layak
43,75% < Skor ≤ 62,50%	Cukup Layak
25% ≤ Skor ≤ 43,75%	Tidak Layak

(Arikunto, 2013)

3. Analisis Hasil Implementasi

Data hasil implementasi didapatkan dengan menganalisis angket praktikalitas yang telah diisi oleh mahasiswa. Data praktikalitas penggunaan *e-booklet* hasil penelitian eksperimen dianalisis dalam bentuk persentase (%). Hasil dari perhitungan nilai tersebut kemudian dikelompokkan sesuai kriteria kepraktisan produk pada tabel 3.8. Menurut Lestari dkk (2018), rumus dalam menghitung nilai kepraktisan produk pembelajaran adalah sebagai berikut.

$$\text{Nilai praktikalitas} = \frac{\text{Jumlah skor yang diperoleh}}{\text{Jumlah skor tertinggi}} \times 100\%$$

Tabel 3.8 Kualifikasi Praktikalitas Produk

Kriteria Pencapaian (%)	Kategori
81,25% < Skor ≤ 100%	Sangat praktis
62,50% < Skor ≤ 81,25%	Praktis
43,75% < Skor ≤ 62,50%	Cukup praktis
25% ≤ Skor ≤ 43,75%	Tidak praktis

(Kumalasari, 2018)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

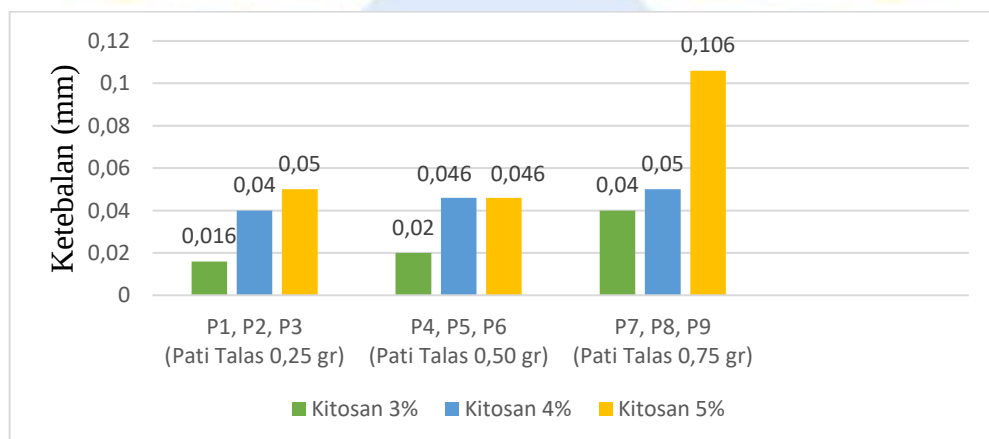
4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Hasil Penelitian Tahap I (Eksperimen)

Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan berupa pembuatan bioplastik antibakteri dari bahan pati talas, kitosan, dan ekstrak serai didapatkan hasil pengamatan karakteristik bioplastik terhadap 9 sampel variasi perlakuan. Karakteristik bioplastik yang dianalisis berupa parameter ketebalan. Melalui penelitian juga dianalisa uji daya hambat bioplastik terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*.

1. Hasil Uji Ketebalan Bioplastik

Penelitian yang telah dilakukan yaitu mengukur ketebalan pada setiap perlakuan sampel bioplastik (Tabel 3.2). Data dapat dilihat pada Lampiran 3. Data tersebut diperoleh melalui pengukuran menggunakan *micrometer* pada 3 titik sampel bioplastik. Rata-rata ketebalan bioplastik diolah dan ditampilkan pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1 Grafik Data Ketebalan Bioplastik

Berdasarkan data yang ditampilkan dalam bentuk grafik, dapat diketahui bahwa ketebalan bioplastik akan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi kitosan dari 3% ke 5%. Hal tersebut dapat terlihat pada setiap kelompok perlakuan yang menggunakan pati dengan jumlah yang berbeda (0,25 gr, 0,50 gr, dan 0,75 gr), ketebalan bioplastik yang paling rendah terlihat pada perlakuan dengan kitosan 3%, kemudian meningkat pada kitosan 4%, dan mencapai ketebalan tertinggi pada kitosan 5%. Selain itu, ketebalan dari bioplastik juga dipengaruhi oleh peningkatan berat pati talas. Hal tersebut dapat dilihat pada kelompok dengan pati talas 0,75 gr (P7, P8, dan P9) menunjukkan ketebalan yang lebih besar dibandingkan kelompok dengan pati talas 0,25 gr dan 0,50 gr. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi kitosan maupun berat pati talas berkontribusi terhadap peningkatan bioplastik. Secara keseluruhan, kombinasi kitosan 5% dengan pati talas 0,75 gr menghasilkan ketebalan bioplastik tertinggi, yaitu sekitar 0,106 mm.

Berdasarkan standar ketebalan bioplastik menurut acuan *Japanese Industrial Standar Z-1707* tahun 1975, ketebalan maksimal yang diperbolehkan adalah 0,25 mm. Hasil pengukuran uji ketebalan menunjukkan bahwa ketebalan bioplastik yang dikembangkan dalam penelitian ini telah memenuhi syarat standar tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa dalam proses pembuatan bioplastik telah berjalan dengan baik dan menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Hasil tersebut mencerminkan kualitas kontrol yang efektif selama proses pembuatan bioplastik. Selain itu, ketebalan yang sesuai dapat berkontribusi pada kekuatan dan daya tahan bioplastik saat digunakan. Ketebalan yang optimal memastikan

bioplastik tidak terlalu tipis sehingga mudah rusak, namun juga tidak terlalu tebal sehingga memiliki elastisitas yang baik.

2. Hasil Uji Antibakteri Bioplastik

Uji antibakteri pada penelitian ini menggunakan metode difusi cakram. Prinsip dari metode ini yaitu zat antibakteri akan terdifusi pada media padat dan dilakukan pengamatan pada daerah pertumbuhan bakteri pada media tersebut. Metode difusi cakram dapat menentukan sensitivitas bakteri dengan suatu zat tertentu yang memiliki kemungkinan kemampuan menghambat aktivitas antibakteri dengan menggunakan kertas cakram yang ditandai dengan terbentuknya zona bening. Semakin besar zona bening dihasilkan maka semakin efektif zat tersebut berperan sebagai antibakteri.

Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan dengan berbagai variasi konsentrasi sampel dari bioplastik untuk mengetahui formula sampel yang memiliki zona hambat tertinggi. Pengujian antibakteri ini digunakan kontrol positif dan kontrol negatif. Kontrol positif digunakan untuk membandingkan hasil aktivitas antibakteri bioplastik dengan antibiotik berupa ampicillin dan tetracycline. Kontrol negatif menggunakan larutan pati, kitosan, tween, dan serai. Hasil uji aktivitas antibakteri bioplastik terhadap bakteri *E.coli* dapat dilihat pada Tabel 4.1, data dapat dilihat pada lampiran 4.

Tabel 4. 1 Zona Hambat Bioplastik terhadap Bakteri *E.coli*

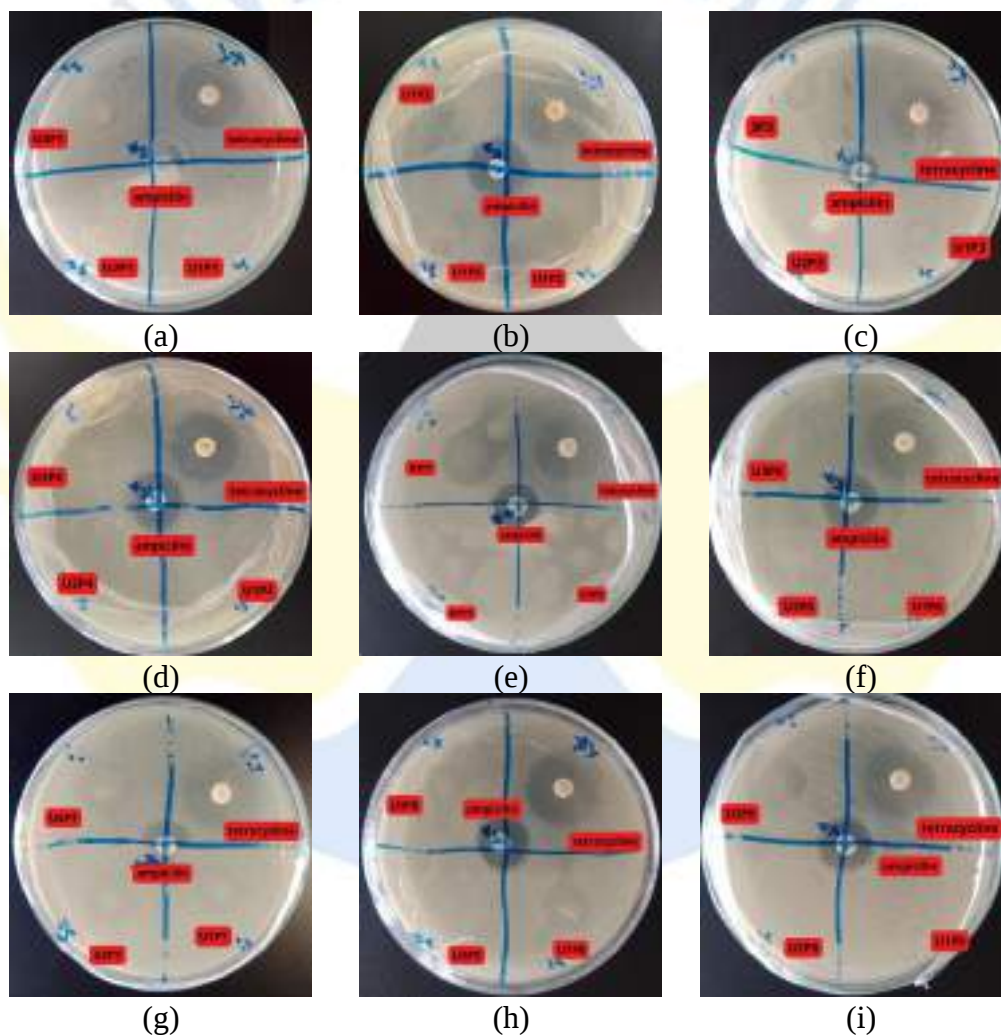
Sampel	Rata-rata $\pm$ SD (mm)	Keterangan
Pati Talas 0,25 gr		
P1 (Kitosan 3%)	0,13 $\pm$ 0,06	Lemah
P2 (Kitosan 4%)	0,10 $\pm$ 0,00	Lemah
P3 (Kitosan 5%)	0,42 $\pm$ 0,07	Lemah
Pati Talas 0,50 gr		
P4 (Kitosan 3%)	0,20 $\pm$ 0,10	Lemah

Sampel	Rata-rata $\pm$ SD (mm)	Keterangan
P5 (Kitosan 4%)	$0,10 \pm 0,00$	Lemah
P6 (Kitosan 5%)	$0,27 \pm 0,06$	Lemah
Pati Talas 0,75 gr		
P7 (Kitosan 3%)	$0,10 \pm 0,00$	Lemah
P8 (Kitosan 4%)	$1,50 \pm 0,20$	Lemah
P9 (Kitosan 5%)	$0,27 \pm 0,06$	Lemah
Kontrol Positif		
Ampicilin	$0,87 \pm 0,25$	Lemah
Tetracycline	$1,41 \pm 0,43$	Lemah
Kontrol Negatif		
Larutan Pati	-	Tidak ada
Tween	-	Tidak ada
Larutan kitosan	-	Tidak ada
Ekstrak Serai	$0,1 \pm 0,1$	Lemah

Dalam uji antibakteri yang dilakukan, pada kontrol positif menunjukkan hasil zona hambat sebesar $0,87 \pm 0,25$ dari jenis ampicillin dan $1,41 \pm 0,43$ pada jenis tetracycline, yang membuktikan bahwa bakteri yang digunakan dalam pengujian tersebut hidup dan aktif. Hal ini menunjukkan adanya aktivitas dari bakteri yang diuji. Selain itu, pengujian juga melibatkan kontrol negatif yang berupa bahan pelarut. Hasil dari kontrol negatif menunjukkan tidak adanya aktivitas antibakteri pada bahan pelarut tersebut, yang mengindikasikan bahwa tidak ada penambahan zat antibakteri dalam pengujian ini. Dengan demikian, hasil yang diperoleh dapat diinterpretasikan dengan baik, dan menunjukkan validitas dari pengujian antibakteri yang dilakukan.

Berdasarkan hasil Tabel 4.1 uji antibakteri pada bioplastik menunjukkan zona hambat terhadap bakteri *Escherichia coli* dengan berbagai sampel yang menggunakan pati talas dalam tiga jumlah yang berbeda (0,25 gr, 0,50 gr, dan 0,75 gr) dan variasi konsentrasi kitosan (3%, 4%, dan 5%). Nilai rata-rata zona hambat bervariasi, dengan nilai terkecil yaitu 0,10 mm dan nilai terbesar yaitu 1,50 mm.

Pada hasil yang tertinggi terdapat pada sampel P8 (Gambar 4.2) dengan formula 0,50 gr pati talas dan 4% kitosan. Hal tersebut menunjukkan bahwa kombinasi dari konsentrasi pati talas dan kitosan tertentu dapat mempengaruhi efektivitas dari bioplastik dalam menghambat pertumbuhan bakteri *E.coli*. Meskipun demikian, secara keseluruhan zona hambat yang dihasilkan masih tergolong lemah, yang mengindikasikan bahwa bioplastik yang dikembangkan memiliki aktivitas antibakteri yang terbatas.



Gambar 4.2 Hasil Uji Antibakteri: a) Perlakuan 1; b) Perlakuan 2; c) Perlakuan 3; d) Perlakuan 4; e) Perlakuan 5; f) Perlakuan 6; g) Perlakuan 7; h) Perlakuan 8; i) Perlakuan 9.

4.1.2 Hasil Penelitian Tahap II (Pengembangan)

A. Hasil Tahap Analisis (*Analyze*)

Langkah awal yang dilakukan oleh peneliti dalam penelitian ini yaitu melakukan analisis. Analisis yang dilakukan terdapat empat jenis, yaitu:

a. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai kebutuhan sumber belajar, penggunaan sumber belajar, dan kesiapan teknologi. Pada tahapan ini dilaksanakan melalui pengisian angket kepada mahasiswa Pendidikan Biologi Universitas Tidar angkatan 2021, 2022, dan 2023 sebanyak 60 orang. Berdasarkan hasil angket yang dapat dilihat pada lampiran 6, diketahui bahwa sebanyak 86,7% (52 orang) berpendapat bahwa pernah mengalami kesulitan untuk menemukan sumber belajar yang memanfaatkan bahan alami terutama pemanfaatan tanaman talas dan serai sebagai bioplastik antibakteri. Sementara itu, sebanyak 95% (57 orang) berpendapat bahwa belum terdapat sumber belajar biologi dalam bentuk buku elektronik yang mengintegrasikan potensi lokal yang terdapat di lingkungan sekitar. Selanjutnya seluruh responden (100%) menganggap bahwa penting untuk memahami potensi tanaman dalam studi Biologi dan penting untuk memahami penelitian terkini karena hal tersebut dapat mendukung dalam studi Biologi.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, diketahui bahwa antusias mahasiswa terhadap potensi beragam tanaman dan penelitian terbaru terbilang baik namun sebagian besar mahasiswa 86,7% (52 orang) memiliki kesulitan dalam menemukan sumber belajar yang mendukung. Selanjutnya, dalam menunjang pembelajaran, diketahui mahasiswa menggunakan sumber belajar berupa artikel terkini. Namun,

materi yang tersaji memiliki bahasa yang sulit untuk dipahami dan penyampaian materi menggunakan bahasa ilmiah, sehingga mahasiswa masih merasa kesulitan dalam memahami.

Hasil analisis kebutuhan menyatakan bahwa keberadaan sumber belajar berupa *e-booklet* sangat penting dalam kegiatan pembelajaran dan menunjang pemahaman ilmu Biologi. *E-booklet* memiliki beberapa kegunaan selain membantu menunjang pelaksanaan pembelajaran, tampilan yang menarik dapat memberikan variasi dalam pembelajaran. Dengan berbagai manfaat yang ada, pengembangan *e-booklet* sebagai sumber belajar dalam pembelajaran Biologi sangat strategis yang dapat memaksimalkan potensi belajar.

b. Analisis Mahasiswa

Tujuan dari analisis mahasiswa yaitu untuk mengenali karakteristik mahasiswa yang akan menggunakan sumber belajar. Hal ini perlu dilakukan karena dalam proses pembelajaran harus disesuaikan dengan karakteristik mahasiswa. Tahapan analisis mahasiswa dilakukan melalui observasi.

Hasil observasi mahasiswa Pendidikan Biologi di Universitas Tidar menyatakan bahwa kemampuan akademik mahasiswa sudah baik, dan mahasiswa aktif dalam mengikuti pembelajaran di kelas. Namun, mahasiswa mengalami kesulitan dalam mencari sumber belajar yang berbasis riset, khususnya mengenai pemanfaatan tanaman talas dan serai sebagai bioplastik antibakteri. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk menyediakan sumber belajar yang relevan dan mudah diakses agar mahasiswa dapat lebih memahami topik tersebut dan mengembangkan keterampilan penelitian.

c. Analisis Tujuan

Analisis tujuan yaitu untuk menganalisis tujuan dari penyusunan sumber belajar berupa *e-booklet*, yaitu untuk membantu mahasiswa dalam proses pembelajaran. kemudian tujuan yang akan dicapai oleh mahasiswa, yaitu sebagai berikut:

- a) Mahasiswa dapat menjelaskan proses pembuatan bioplastik dari pemanfaatan pati talas, kitosan dan ekstrak serai dengan baik.
- b) Mahasiswa dapat mengidentifikasi sifat-sifat fisik dan kimia dari bioplastik yang dihasilkan dari pati talas, kitosan dan ekstrak serai dengan baik.
- c) Mahasiswa dapat menganalisis efektivitas bioplastik yang mengandung ekstrak serai dalam menghambat pertumbuhan bakteri *e.coli*.
- d) Mahasiswa dapat membandingkan kelebihan dan kekurangan bioplastik dari pati talas, kitosan dan ekstrak serai dengan plastik dalam konteks keberlanjutan lingkungan.

E-booklet disusun bertujuan untuk memberikan pemahaman yang mendalam mengenai potensi bioplastik dari pati talas, kitosan dan ekstrak serai sebagai antibakteri dalam pengembangan material ramah lingkungan.

B. Hasil Tahap Perencanaan (*Design*)

Berdasarkan hasil analisis, sumber belajar yang dikembangkan oleh peneliti berupa *e-booklet*. Tahap selanjutnya adalah mendesain *e-booklet* mengenai bioplastik berbahan dasar pati talas, kitosan, dan ekstrak serai yang memiliki sifat antibakteri terhadap bakteri *E.coli*. Berikut adalah tahapan perancangan pengembangan sumber belajar *e-booklet* yang telah dilakukan. Pemilihan format *e-booklet* meliputi penggunaan jenis huruf yaitu meliputi jenis huruf arial dan bright retro, huruf arial

ukuran 12 digunakan untuk penulisan isi dan jenis huruf bright retro ukuran 60 untuk penulisan judul. Penggunaan *pallette* warna yang didominasi warna hijau, kuning dan beberapa warna turunannya, dengan *layout* yang telah diselaraskan antar halaman *e-booklet*. Perancangan pengembangan sumber belajar *e-booklet* ini berupa kerangka pembuatan *e-booklet*.

a) *Cover*

Pada bagian *cover* depan berisikan judul, nama penyusun, instansi, tahun penyusunan, serta gambar yang menunjukkan isi dari *e-booklet* seperti tanaman talas, kitosan, tanaman serai, serta bakteri (Gambar 4.3). Pada *cover* bagian belakang berisi uraian singkat mengenai isi dari *e-booklet* dan instansi (Gambar 4.4).



Gambar 4.3 Draft Awal Halaman Sampul Depan *E-Booklet*



Gambar 4.4 Draft Awal Halaman Sampul Belakang *E-Booklet*

b) Kata pengantar

Bagian kata pengantar *e-booklet* berisi rasa syukur penulis, tujuan penyusunan, ucapan terima kasih, dan permohonan maaf atas kekurangan dalam penyusunan *e-booklet* (Gambar 4.5).



Gambar 4.5 Draft Awal Halaman Kata Pengantar

c) Daftar isi

Bagian daftar isi *e-booklet* terdiri dari poin-poin yang terdapat dalam *e-booklet* dan dilengkapi dengan nomor halaman (Gambar 4.6).

DAFTAR ISI	
Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Pendahuluan	iii
Bioplastik	1
Aktivatori Padi Bioplastik	3
Hasil Ekspansi Bahan Alam	5
Pembuatan Bioplastik	16
Metode Pengujian Bioplastik	22
Hasil Uji Bioplastik	26
Penutup	34
Glosarium	36
Daftar Pustaka	37
Profil Penulis	38

E-Booklet Bioplastik Berbasis Dasar Pati Talas dan Ekstrak Serai sebagai Antibakteri terhadap Bakteri Escherichia coli

Gambar 4.6 Draft Awal Halaman Daftar Isi

d) Indikator, tujuan *e-booklet*.

Pada bagian ini berisi penjelasan mengenai tujuan dari *e-booklet*, sehingga pembaca dapat memahami apa saja yang akan diperoleh dari membaca *e-booklet* (Gambar 4.7).



Gambar 4. 7 Draft Tampilan Tujuan pada *E-booklet*

e) Penjelasan konsep dasar bioplastik

Bagian ini menjelaskan pengertian bioplastik, jenis-jenisnya, dan perbedaannya dengan plastik. Penjelasan mencakup manfaat, dan kelebihan dibanding dengan plastik (Gambar 4.8).



Gambar 4.8 Draft Awal Halaman Konsep Dasar Bioplastik

f) Penjelasan mengenai manfaat adanya antibakteri pada bioplastik

Bagian ini menjelaskan mengenai dampak dari kontaminasi bakteri *Escherichia coli* dan menjelaskan bagaimana sifat antibakteri dapat meningkatkan kualitas dan keamanan bioplastik, serta aplikasinya dalam industri kemasan makanan (Gambar 4.9).



Gambar 4. 9 Draft Awal Penjelasan Mengenai Antibakteri Pada Bioplastik

g) Penjelasan mengenai pemanfaatan bahan alami dalam bioplastik

Bagian ini membahas berbagai bahan alami yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik, seperti kitosan, pati talas, dan ekstrak serai, serta keunggulan masing-masing bahan. Pada bagian ini berisi penjabaran materi yang disajikan secara singkat meliputi penjelasan morfologi atau karakteristik bahan alami, klasifikasinya, dan manfaatnya sebagai bahan baku bioplastik (Gambar 4.10).

i) Hasil pengujian bioplastik

Bagian ini berisi hasil uji ketebalan dan uji antibakteri pada bioplastik. Pada bagian ini juga berisi mengenai penjelasan hasil yang didapatkan secara ringkas (Gambar 4.12).



Gambar 4. 12 Draft Halaman Hasil Uji Bioplastik

j) Kesimpulan

Bagian ini berisi rangkuman poin-poin penting yang telah dibahas dalam *e-booklet*, menekankan pentingnya bioplastik dan pemanfaatan bahan alami untuk keberlanjutan lingkungan (Gambar 4.13).



Gambar 4. 13 Draft Awal Halaman Kesimpulan Booklet

k) Daftar Pustaka

Bagian daftar pustaka berisi referensi-referensi yang digunakan dalam penulisan isi *e-booklet* (Gambar 4.14).



Gambar 4. 14 Draft Tampilan Daftar Pustaka

C. Hasil Tahap Pengembangan (*Development*)

Pada tahap *develop* bertujuan untuk menghasilkan produk berupa *e-booklet* bioplastik antibakteri *E.coli* berbahan dasar pati talas, kitosan, dan ekstrak serai. Pada tahapan ini draft awal *e-booklet* yang telah disusun kemudian dilakukan uji validasi dengan memberikan angket kepada ahli materi dan ahli media. Kemudian *e-booklet* dilakukan uji coba produk di kelas terbatas yang terdiri dari tanggapan mahasiswa Pendidikan Biologi. Adapun hasil tersebut dijabarkan sebagai berikut.

a. Validasi Ahli

Validasi ahli dilakukan untuk mendapatkan penilaian dari ahli materi dan ahli media untuk mengetahui kelayakan produk yang dikembangkan. Saran dan masukan dari para ahli digunakan sebagai acuan untuk revisi *e-booklet*. Sugiyono (2016) menyatakan bahwa validasi produk dilakukan oleh sejumlah pakar ahli yang

berpengalaman dalam bidangnya sehingga dapat mengetahui manfaat dan kelemahan produk yang dikembangkan.

1) Hasil Validasi Ahli Materi

Pada angket penilaian pada aspek materi terdapat 12 pertanyaan yang mencakup komponen kemutakhiran materi, teknik penyajian materi pada *e-booklet*, dan kebahasaan. Hasil data yang diperoleh berdasarkan penilaian dari validator dapat dilihat pada lampiran 9. Hasil analisis validasi ahli materi dapat dilihat pada tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Validasi Ahli Materi

Komponen Kelayakan	Persentase (%)	Kategori
Kelayakan Materi/Isi	100	Sangat Layak
Teknik Penyajian <i>E-booklet</i>	100	Sangat Layak
Kebahasaan	81,25	Sangat Layak
Rata-rata	93,75	Sangat Layak

Berdasarkan tabel 4.2 analisis data dari hasil validasi ahli materi didapatkan rata-rata persentase 93,75%. Nilai rata-rata yang diperoleh menurut Arikunto (2013) mendapat kategori layak. Pada komponen kelayakan materi/isi dan Teknik penyajian *e-booklet* mendapatkan persentase 100% dengan kategori sangat layak, sedangkan pada komponen kelayakan kebahasaan mendapatkan persentase yang lebih rendah yaitu 81,25%. Berdasarkan hasil penilaian ahli materi tersebut, *e-booklet* yang dikembangkan ini dapat digunakan dengan beberapa masukan untuk menyempurnakan *e-booklet*. Berdasarkan penilaian *e-booklet* dari validator ahli materi disimpulkan bahwa *e-booklet* dinilai sangat layak digunakan dengan revisi.

2) Hasil Validasi Ahli Media

Pada angket penilaian oleh ahli media, terdapat 20 pertanyaan yang mencakup komponen ukuran, desain sampul, desain isi, dan kebahasaan. Data yang diperoleh berdasarkan penilaian dari validator dapat dilihat pada lampiran 12. Hasil analisis validasi ahli media dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Validasi Ahli Media

Komponen Kelayakan	Persentase (%)	Kategori
Ukuran <i>e-booklet</i>	75	Layak
Desain sampul <i>e-booklet</i>	91,6	Sangat Layak
Desain isi <i>e-booklet</i>	92,8	Sangat Layak
Kebahasaan	90,6	Sangat Layak
Rata-rata	87,5	Sangat Layak

Berdasarkan tabel 4.3 analisis data dari hasil validasi ahli media didapatkan rata-rata persentase 87,5%. Pada komponen kelayakan desain sampul *e-booklet*, desain isi *e-booklet*, dan kebahasaan memiliki hasil persentase dengan kategori sangat layak, sedangkan pada komponen ukuran *e-booklet* mendapatkan persentase dengan kategori layak. Hal tersebut dipengaruhi oleh tampilan *e-booklet* yang memiliki ukuran berbeda-beda sesuai dengan perangkat yang digunakan dalam mengakses *e-booklet*. Berdasarkan penilaian validator ahli media tersebut, *e-booklet* ini dapat digunakan dengan melakukan beberapa perbaikan. Berdasarkan hasil penilaian oleh validator materi dan validator media maka dapat diketahui rata-rata validasi materi dan validasi media pada tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Hasil Penilaian aspek materi dan aspek media

Validasi	Persentase (%)	Kategori
Materi	93,75	Sangat Layak
Media	87,5	Sangat Layak
Rata-rata	90,62	Sangat Layak

Pada tabel 4.4 dapat diketahui bahwa hasil persentase oleh validasi ahli materi sebesar 93,75% dan hasil persentase validasi ahli media sebesar 87,5%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil validator ahli materi dan ahli media mendapatkan kategori sangat layak dan dapat digunakan dengan melakukan revisi. Penyempurnaan *e-booklet* atas pertimbangan saran-saran dari validator materi dan validator media, dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4. 5 Hasil Revisi *E-booklet* berdasarkan Saran Ahli Materi dan Media

No	Saran Ahli	Tindak Lanjut
1.	Beberapa istilah asing, perlu dicetak miring dan ditambahkan dalam glosarium	Mengubah penulisan istilah asing menjadi <i>italic</i> dan menambahkan istilah asing di glosarium
2.	Penulisan judul pada <i>e-booklet</i> perlu disesuaikan kembali	Mengubah penulisan judul pada <i>e-booklet</i> menjadi Bioplastik Antibakteri <i>Escherichia coli</i> Berbahan Dasar Pati Talas, Kitosan, dan Ekstrak Serai
3.	Perlu mencantumkan tujuan/capaian yang ingin dicapai	Menambahkan tujuan yang ingin dicapai pada halaman awal <i>e-booklet</i>
4.	Keterangan gambar yang berbahasa asing sebaiknya diterjemahkan	Mengubah keterangan gambar yang berbahasa asing
5.	Perlu ditambahkan kalimat pengantar sebelum video.	Menambahkan kalimat pengantar sebelum video ditampilkan.

b. Hasil Uji Coba Produk

Hasil uji coba produk dapat dilihat berdasarkan hasil pemberian angket tanggapan pada mahasiswa Pendidikan Biologi. Pada angket tersebut terdapat 12 butir pertanyaan yang diberikan kepada 30 mahasiswa dari tiga angkatan yaitu pada angkatan tahun 2021, 2022, dan 2023. Angket tersebut mencakup komponen aspek keefektifan *e-booklet*, aspek materi dalam *e-booklet*, dan bahasa yang digunakan. Data yang diperoleh berdasarkan hasil tanggapan dari mahasiswa Pendidikan

Biologi tersebut dapat dilihat pada lampiran 15 dan hasil rekapitulasi tanggapan oleh mahasiswa Pendidikan Biologi dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Tanggapan Mahasiswa Pendidikan Biologi terhadap *E-Booklet*

Komponen Kelayakan	Persentase	Kategori
Aspek Keefektifan	91,33%	Sangat Layak
Aspek Materi	92,71%	Sangat Layak
Kebahasaan	90,83%	Sangat Layak
Rata-rata	91,63%	Sangat Layak

Berdasarkan tabel 4.6 analisis data dari hasil tanggapan mahasiswa Pendidikan Biologi di Universitas Tidar didapatkan rata-rata persentase 91,63%. Nilai rata-rata yang didapatkan termasuk ke dalam kategori sangat layak. Pada komponen kelayakan dari aspek keefektifan dan aspek materi, dan kebahasaan mendapatkan kategori sangat layak, namun pada aspek kebahasaan memiliki nilai persentase lebih rendah. Hal tersebut dikarenakan *e-booklet* yang dikembangkan dari hasil penelitian eksperimen banyak menggunakan bahasa ilmiah yang cenderung kompleks, seperti istilah teknis. Namun, berdasarkan penilaian mahasiswa Pendidikan Biologi, sumber belajar *e-booklet* ini baik dan dapat digunakan dengan beberapa masukan untuk menyempurkan *e-booklet*.

D. Hasil Tahap Implementasi (*Implementation*)

Pada tahap ini *e-booklet* diujicobakan di kelompok lebih besar yaitu kepada 60 mahasiswa Pendidikan Biologi Universitas Tidar yang terdiri dari angkatan 2021, 2022, dan 2023. Angket tersebut mencakup komponen aspek kemudahan penggunaan *e-booklet*, aspek kemenarikan sajian, dan manfaat dari penggunaan *e-booklet* sebagai sumber belajar. Uji coba *e-booklet* ini dilakukan untuk mengetahui

respon mahasiswa setelah menggunakan sumber belajar dan untuk menguji kepraktisan berdasarkan penilaian oleh mahasiswa.

Setelah melakukan uji coba, mahasiswa diminta untuk mengisi angket respon terhadap *e-booklet* yang telah dikembangkan. Hasil dari pengisian angket respon kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui respon mengenai *e-booklet*. Analisis dilakukan untuk membuat dan menjabarkan data hasil peneliti mengenai respon penggunaan *e-booklet*. Data hasil angket mahasiswa diukur menggunakan skala *likert* empat interval. Selanjutnya skor yang didapatkan dari jawaban mahasiswa kemudian diubah dalam bentuk presentase. Data yang diperoleh berdasarkan hasil tanggapan dari mahasiswa Pendidikan Biologi dapat dilihat pada lampiran 17. Rekapitulasi hasil angket respon mahasiswa dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Rekapitulasi Hasil Praktikalitas Mahasiswa Pendidikan Biologi

No	Aspek	Jumlah Skor	Persentase	Kategori
1	Kemudahan penggunaan	898	90%	Sangat praktis
2	Kemenarikan sajian	889	92%	Sangat praktis
3	Manfaat penggunaan <i>e-booklet</i>	1.360	94%	Sangat praktis
Hasil Rata-Rata Penilaian			92%	Sangat praktis

Berdasarkan tabel 4.7 analisis data dari hasil praktikalitas *e-booklet* oleh mahasiswa Pendidikan Biologi di Universitas Tidar didapatkan rata-rata persentase 92%. Nilai rata-rata yang didapatkan tersebut menurut Kumalasari (2018), termasuk ke dalam kategori sangat praktis. Pada aspek kemudahan penggunaan *e-booklet* mendapatkan nilai yang lebih rendah yaitu 90%. Hal tersebut disebabkan karena dalam mengakses *e-booklet* harus bisa memiliki koneksi internet yang baik. Pada aspek manfaat penggunaan *e-booklet* mendapatkan jumlah yang paling tinggi

yaitu 94%. Hal tersebut karena materi *e-booklet* berisi informasi yang relevan dan bermanfaat, selain itu data yang diberikan dari hasil pengembangan bioplastik memberikan wawasan praktis untuk pengembangan material berkelanjutan.

E. Hasil Tahap Evaluasi

Pada tahap evaluasi dilakukan pada setiap tahap pengembangan. Pendekatan evaluasi ini memastikan bahwa *e-booklet* yang dikembangkan tidak hanya relevan dan informatif, tetapi juga ramah pengguna dan sesuai dengan kebutuhan mahasiswa. Evaluasi yang dilakukan dalam setiap tahapan dapat dilihat pada tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4. 8 Hasil Evaluasi

Tahap ADDIE	Evaluasi
<i>Analysis</i>	Analisis kebutuhan menunjukkan perlunya <i>e-booklet</i> hasil penelitian dengan bahasa yang sederhana.
<i>Design</i>	Desain <i>e-booklet</i> dengan gambar dan video interaktif telah memenuhi tujuan pengembangan <i>e-booklet</i> . Validasi oleh dosen pembimbing mendapatkan perbaikan pada ukuran <i>e-booklet</i> .
<i>Development</i>	Pada tahap ini melakukan revisi sesuai dengan hasil validasi ahli materi dan media, diantaranya yaitu perbaikan dalam penulisan istilah asing, penulisan judul <i>e-booklet</i> , penyesuaian keterangan gambar, dan penambahan kalimat pengantar pada video.
<i>Implementation</i>	<i>E-booklet</i> diujikan pada mahasiswa pendidikan biologi di Universitas Tidar, terdapat kendala pada jaringan internet yang kurang baik sehingga tidak dapat mengakses <i>e-booklet</i> yang tersedia dalam website sehingga diatasi dengan menyediakan <i>e-booklet</i> versi pdf yang dapat <i>download</i> saat memiliki jaringan internet yang baik.
<i>Evaluation</i>	Evaluasi sumatif dalam penelitian ini yaitu <i>e-booklet</i> layak dan efektif untuk menyampaikan hasil penelitian.

Berdasarkan tabel 4.8 yang merupakan hasil evaluasi menunjukkan gambaran komprehensif mengenai keberhasilan dan tantangan pada setiap proses pengembangan. Pada tahap analisis evaluasi dilakukan dengan memberikan solusi

terhadap kebutuhan sumber belajar berupa *e-booklet* sebagai respon terhadap hasil dari analisis kebutuhan, analisis mahasiswa, dan analisis tujuan. Evaluasi pada tahap desain dilakukan terhadap *e-booklet* yang sedang dikembangkan. Evaluasi tersebut berdasarkan saran dan masukan dari dosen pembimbing yaitu dengan menambahkan pemanfaatan potensi yang dapat dikembangkan dari bioplastik. Evaluasi pada tahap pengembangan dilakukan dengan melakukan revisi pada *e-booklet* berdasarkan saran dari validator ahli materi dan validator ahli media, kemudian evaluasi pada tahap implementasi dilakukan dengan melihat hasil respon dari angket mahasiswa serta saran yang diberikan oleh mahasiswa Pendidikan Biologi Universitas Tidar.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pembahasan Penelitian Tahap I (Eksperimen)

1) Uji Ketebalan Bioplastik

Pada penelitian ini menghasilkan bioplastik berupa lembaran tipis yang elastis. Bioplastik dengan bahan dasar pati talas, kitosan, dan ekstrak serai ini memiliki ciri berwarna putih hampir transparan, dan elastis. Dalam menentukan kualitas bioplastik parameter yang digunakan adalah sifat mekanik bioplastik yang terdiri dari ketebalan bioplastik. Hasil uji ketebalan pada bioplastik yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 4.1. Pada gambar grafik hasil uji tersebut, dapat diketahui bahwa ketebalan paling tinggi yaitu 0,10 mm pada sampel P9 dengan konsentrasi kitosan 5%, pati talas 0,75 gram, dan ekstrak serai 0,5mL. Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya peningkatan molekul penyusun matriks bioplastik yaitu pati talas, sehingga jumlah padatan yang terlarut didalamnya akan semakin banyak.

Hal tersebut sesuai dengan penelitian oleh Cengristitama dkk., (2023), yang menyatakan bahwa semakin tinggi komposisi bahan yang digunakan maka bioplastik yang dihasilkan cenderung semakin tebal.

Pada pati talas terdapat beberapa kelompok fungsional yang menunjukkan bahwa pati talas terdiri dari komponen amilosa dan amilopektin, yang merupakan kelompok hidroksil (-OH) bersifat polar sehingga memungkinkan untuk membentuk ikatan hydrogen dengan molekul lain (Ginting dkk., 2018). Sedangkan pada kitosan, terdiri dari kelompok amino (-NH₂) dan hidroksil, yang memiliki sifat polar (Winarmo, 2004). Kelompok pada kitosan dapat berfungsi sebagai donor ikatan hydrogen karena atom nitrogen dapat membentuk ikatan dengan atom hydrogen yang terikat pada kelompok hidroksil. Hal tersebut menunjukkan bahwa kitosan memiliki sifat yang dapat berinteraksi dengan pati talas. Ketika kelompok hidroksil pada pati berikatan dengan kelompok amino pada kitosan, ikatan hydrogen tersebut membantu membentuk jaringan yang stabil dan terorganisir dalam matriks bioplastik.

Pada sampel P9 memiliki konsentrasi pati talas yang paling tinggi sehingga memiliki padatan yang terlarut semakin tinggi, oleh karena itu hasil ketebalan yang dihasilkan juga tinggi. Pati talas sebagai bahan baku utama dalam pembuatan bioplastik memiliki kandungan amilosa sebanyak 2,25 gram dan kandungan amilopektin sebanyak 65,17 gram (Sinaaga dkk., 2014). Konsentrasi amilosa dan amilopektin pada pati talas yang tinggi menghasilkan kandungan padatan yang lebih tinggi dalam larutan pembentuk bioplastik (Santana dkk., 2018). Oleh karena itu, pada sampel sampel P9 dengan 0,75 gram pati talas akan terbentuk larutan yang

lebih kental sehingga menghasilkan bioplastik yang lebih tebal. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Budiman dkk (2018), yang menunjukkan konsentrasi pati 4-6 gram menghasilkan nilai ketebalan terendah 0,05 mm dan nilai ketebalan tertinggi 0,08 mm. Sejalan dengan hasil penelitian Nur dkk (2020), yang memperoleh hasil ketebalan tertinggi sebesar 0,27 mm pada formula pati 50% dan ketebalan terendah sebesar 0,15 mm pada formula pati 8%. Dengan hasil pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi pati talas mempengaruhi ketebalan bioplastik yang dihasilkan.

Selain itu, pengaruh ketebalan bioplastik pada sampel P9 dipengaruhi oleh komponen kitosan. Pada konsentrasi tertinggi yaitu 5%, kitosan dapat menambah ketebalan dan memperkuat struktur bioplastik melalui interaksi dengan pati talas. Kitosan sebagai polimer alami dapat berinteraksi dengan pati melalui ikatan hidrogen yang dapat membentuk matriks yang lebih padat sehingga dapat meningkatkan ketebalan pada bioplastik. Peningkatan konsentrasi kitosan dalam pengembangan bioplastik dapat menghasilkan ketebalan yang lebih besar, karena kitosan memiliki potensi untuk membentuk jaringan yang padat melalui ikatan hydrogen (Asnun dkk., 2023). Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian oleh Papilaya dkk (2024), yang menunjukkan adanya peningkatan ketebalan dari penggunaan kitosan 0%-0,5% menghasilkan nilai ketebalan terendah 0,48 mm dan nilai ketebalan tertinggi 0,55 mm.

Pada hasil sampel uji ketebalan bioplastik lainnya dapat dilihat bahwa pada sampel P3 dengan formula 0,25gram pati talas dan 5% kitosan memiliki ketebalan 0,050 mm. Hal tersebut menunjukkan bahwa meskipun kandungan konsentrasi

kitosannya tinggi, rendahnya konsentrasi pati talas akan membatasi ketebalan pada bioplastik. Selain itu, pada sampel P7 dengan formula 0,75 pati talas dan 3% kitosan menunjukkan hasil uji ketebalan 0,040 mm. Hasil uji sampel P7 membuktikan bahwa konsentrasi kitosan yang rendah juga dapat mempengaruhi ketebalan meskipun menggunakan konsentrasi pati talas yang tinggi. Perbandingan kedua hasil sampel tersebut menunjukkan bahwa ketebalan maksimum pada P9 tercapai ketika kedua bahan baku berada pada konsentrasi tertinggi.

Pada gambar grafik hasil sampel uji ketebalan bioplastik (Gambar 4.1) dapat diketahui terdapat hasil paling rendah yaitu 0,02 mm yang terdapat pada sampel P1 dengan konsentrasi 3% kitosan dan 0,25gram pati talas. Sampel P1 merupakan formula dengan kombinasi terendah dalam eksperimen. Hasil ketebalan pada sampel P1 disebabkan oleh salah satunya yaitu konsentrasi pati talas yang rendah, sehingga menghasilkan larutan encer dengan sedikit polimer untuk membentuk matriks bioplastik, sehingga hasil ketebalan yang dihasilkan sangat tipis setelah proses pengeringan. Hal tersebut sesuai dengan penelitian oleh Santana dkk., (2018) yang menunjukkan bahwa konsentrasi pati talas yang tinggi akan menghasilkan kandungan padatan yang lebih tinggi juga dalam larutan pembentuk bioplastik.

Konsentrasi kitosan pada sampel P1 juga mempengaruhi hasil uji ketebalan. Pada konsentrasi kitosan 3% memberikan kontribusi yang minim terhadap ketebalan karena jumlahnya tidak mencukupi untuk membentuk struktur yang signifikan. Jumlah kitosan yang lebih rendah akan mengurangi ikatan hydrogen antara gugus hidrosil pati talas dan gugus amino pada kitosan (Ulyarti dkk., 2021). Interaksi yang lemah antar komponen akan menghasilkan struktur yang lebih tipis.

Perbandingan dengan hasil sampel lainnya menunjukkan bahwa pada sampel P2 dengan formula 0,25 gram pati talas dan 4% kitosan memiliki hasil ketebalan 0,04 mm. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan dapat meningkatkan tingkat ketebalan pada bioplastik. Selain itu, pada sampel P4 dengan formula 0,5 gram pati talas dan 3% kitosan mendapatkan hasil ketebalan 0,02 mm. Hasil pada sampel P4 dapat mengindikasikan bahwa peningkatan pati talas juga memiliki pengaruh terhadap ketebalan. Dengan kedua perbandingan sampel dapat menegaskan bahwa ketebalan terendah pada sampel P1 terjadi karena rendahnya konsentrasi kedua bahan baku secara bersamaan.

Hasil keseluruhan pengujian ketebalan bioplastik berbahan dasar pati talas, kitosan, dan ekstrak serai telah memenuhi ketentuan dalam standar maksimal ketebalan plastik *biodegradable* menurut *Japanese Industrial Standard* (1975) dengan nilai standar $<0,25$ mm. Dalam aplikasi kemasan makanan, ketebalan bioplastik lebih optimal sekitar 0,05 mm hingga 0,1 mm karena memiliki keseimbangan antara kekuatan, fleksibilitas, dan efisiensi material yang baik (Marichelvam, 2019). Selain dari uji mekanik, untuk menentukan formula terbaik dari bioplastik sebagai kemasan pangan perlu melihat dari uji antibakterinya.

2) Uji Antibakteri Bioplastik

Pengujian aktivitas antimikroba bioplastik dilakukan untuk mengetahui kemampuan bioplastik yang dikembangkan untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. Data hasil uji antibakteri pada tabel 4.1 menunjukkan bioplastik yang dikembangkan pada penelitian ini memiliki aktivitas antibakteri *Escherichia coli* yang dikategorikan lemah. Hasil uji antibakteri pada semua

perlakuan termasuk ke dalam kategori lemah, hal tersebut dikarenakan diameter dari daya hambat kurang dari 5 mm. Sesuai dengan penelitian Surjowardojo dkk, (2015), bahwa aktivitas antibakteri dapat dikelompokkan berdasarkan diameter penghambat pada media agar menjadi 4 kategori yaitu sangat kuat (> 26 mm), kuat (10,4-26,8 mm), sedang (6,3-10,3 mm) dan lemah ($< 6,2$ mm).

Pada penelitian ini, meskipun terdapat variasi konsentrasi kitosan (3%, 4%, dan 5%), peningkatan konsentrasi tersebut tidak meningkatkan hasil zona hambat. Kitosan memiliki sifat antibakteri yang baik, namun efektivitasnya bergantung pada konsentrasi dan distribusinya dalam matriks bioplastik. Pada konsentrasi kitosan yang digunakan dalam pembuatan bioplastik hanya mampu menghambat bakteri dengan kategori yang masih lemah. Pada hasil penelitian oleh Perdana dkk., (2022) menunjukkan hasil bahwa penggunaan kitosan dengan konsentrasi 10% dapat menghambat bakteri dengan zona hambat 5,30 mm. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan terdapat perbedaan dengan penelitian yang dilakukan yaitu pada penggunaan konsentrasi kitosan untuk menghambat bakteri. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan hasil uji antibakteri yang baik, dapat menggunakan konsentrasi kitosan sebanyak 10%

Selain itu, penggunaan ekstrak serai dalam formula bioplastik juga memberikan kontribusi terhadap aktivitas antibakteri. Namun, dalam penelitian ini, volume ekstrak serai yang digunakan adalah sebesar 0,5 mL pada semua perlakuan, yang dapat dikatakan memiliki konsentrasi yang relatif rendah. Hal ini berbeda dengan penelitian sebelumnya oleh Fransisca (2023) yang menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak serai dengan konsentrasi 5% dapat menghambat bakteri *E.coli*

sebesar 6,25 mm pada bioplastik. Perbedaan konsentrasi ini berpotensi membatasi efektivitas ekstrak serai dalam menghambat pertumbuhan bakteri dalam penelitian ini, sehingga turut mempengaruhi hasil uji antibakteri yang tergolong lemah pada bioplastik.

Berdasarkan hasil temuan penelitian, diketahui bahwa penggunaan konsentrasi dari bahan baku pembuatan bioplastik memberikan peranan penting dalam mengoptimalkan daya hambat bakteri oleh bioplastik. Ketika kitosan dan ekstrak serai digunakan secara terpisah, konsentrasi tertentu dari masing-masing bahan tersebut mampu memberikan efek yang efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Namun, dalam formulasi yang menggabungkan kedua komponen tersebut bersama pati talas sebagai matriks bioplastik, diperlukan konsentrasi yang lebih tinggi agar bioplastik dapat menunjukkan daya hambat yang signifikan.

Pada penelitian ini, hasil uji antibakteri yang optimal terdapat pada sampel P8 (Gambar 4.2) dengan formula 0,50 gr pati talas, 0,5 mL ekstrak serai dan 4% kitosan memiliki daya hambat sebesar 1,50 mm. Hal tersebut karena kombinasi konsentrasi pati talas, kitosan, dan ekstrak serai pada formula ini memungkinkan distribusi dan pelepasan kitosan yang lebih efektif dalam matriks bioplastik, sehingga dapat meningkatkan interaksi antara senyawa antibakteri dengan bakteri *E.coli*. Hasil sampel P8 dibandingkan dengan sampel lain, seperti sampel P9 dengan formula 0,75gram pati talas, 5% kitosan dan 0,5 mL ekstrak serai memiliki daya hambat 0,26 mm dan pada sampel P3 dengan formula 0,25gram pati talas, 5% kitosan dan 0,5 mL ekstrak serai mendapatkan hasil daya hambat sebesar 0,42 mm.

Hal tersebut mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh pati talas terhadap aktivitas antibakteri.

Pati talas memberikan pengaruh adanya perbedaan daya hambat terhadap aktivitas antibakteri pada bioplastik. Pati talas berperan sebagai pembawa yang mendistribusikan kedua komponen kitosan dan ekstrak serai secara merata, sehingga dapat meningkatkan kontak dengan bakteri. Kandungan pati talas memiliki fungsi sebagai bahan pembentuk matriks bioplastik. Pati tidak memiliki sifat antibakteri secara langsung, namun pengaruhnya terhadap zona hambat berkaitan dengan efek strukturalnya pada bioplastik, yaitu mempengaruhi pelepasan bahan aktif seperti kitosan dan ekstrak serai. Hal tersebut sesuai dengan penelitian oleh Marichelyam, (2019) yang menunjukkan bahwa pati berperan dalam pembentukan struktur bioplastik dan tidak berkontribusi langsung pada aktivitas antibakteri. Terdapat beberapa hal lainnya yang mempengaruhi efektivitas antibakteri seperti konsentrasi kitosan dan ekstrak serai yang menentukan intensitas interaksi dengan membran bakteri *Escherichia coli*.

Kitosan sebagai salah satu bahan baku utama dalam pembuatan bioplastik, memiliki peran penting dalam aktivitas antibakteri. Hal tersebut karena kitosan memiliki gugus amino bermuatan positif yang berinteraksi dengan lapisan membran luar bakteri *E.coli* yang bermuatan negatif, sehingga menyebabkan adanya destabilisasi membran dan penghambatan sintesis pada dinding sel (Cai-Ling dkk., 2021). Interaksi antara gugus amina protonasi dan gugus fosforil dari komponen fosfolipid membrane sel menyebabkan kerusakan sel bakteri (Perdana

dkk., 2022). Selain itu, antibakteri pada bioplastik didukung oleh adanya bahan ekstrak serai yang dapat menghambat aktivitas bakteri.

Penambahan ekstrak serai pada bioplastik dapat meningkatkan kemampuan bioplastik dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. Hal tersebut karena adanya serai memiliki senyawa antibakteri. Komponen utama dari serai yaitu senyawa sitral dan geraniol yang memiliki kemampuan sebagai antibakteri (Kurniawan dkk., 2020). Mekanisme dari penghambatan pertumbuhan bakteri oleh senyawa dalam serai disebabkan karena senyawa sitral dan geraniol bersifat lipofilik dan dapat menembus lapisan luar dari membran bakteri *E.coli* sehingga menyebabkan kerusakan membran (Christy & Lues, 2023). Adanya kerusakan pada membran bakteri akan menyebabkan kurangnya permeabilitas dinding sel sehingga mengakibatkan kekurangan nutrisi dan pertumbuhan bakteri akan terhambat (Lopez dkk., 2017).

Ketebalan pada bioplastik juga merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi aktivitas antibakteri, karena dapat mempengaruhi distribusi dan pelepasan senyawa aktif seperti kitosan dan ekstrak serai ke permukaan film untuk berinteraksi dengan bakteri (Perdana dkk., 2022). Bioplastik yang terlalu tebal dapat memperlambat difusi dan mengurangi konsentrasi senyawa aktif di permukaan seperti pada hasil uji ketebalan pada gambar 4.1 sampel P8 memiliki ketebalan 0,1066 mm, tetapi pada pengujian antibakteri sampel P9 memiliki daya hambat 0,26 mm. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Perdana dkk, (2022) dan Jennifer dkk, (2023) yang menunjukkan bahwa film yang tipis memberikan log

reduksi tinggi terhadap *E.coli*, sedangkan pada film yang lebih tebal menurunkan efektivitas daya hambat.

Hasil penelitian uji ketebalan dan uji antibakteri pada bioplastik dapat menunjukkan dalam pengembangan formulasi pada penelitian selanjutnya untuk menyesuaikan perbandingan antar komponen kitosan, pati talas, dan ekstrak serai sehingga mendapatkan hasil yang signifikan. Formula yang paling tinggi dalam uji ketebalan bioplastik didapatkan pada sampel P9 dengan jumlah 0,1066 mm dan pada hasil uji antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* yang tertinggi yaitu didapatkan pada sampel P8 dengan zona hambat sebesar 1,50 mm dengan kategori lemah. Hal ini mengindikasikan bahwa ketebalan pada bioplastik tidak selalu berkorelasi langsung dengan aktivitas antibakteri.

4.2.2 Kelayakan E-Booklet

Tahap pendefinisian (*define*) sebagai studi pendahuluan yaitu untuk mengetahui permasalahan yang dialami pada kalangan masyarakat, baik masyarakat umum, pendidik, dan mahasiswa. Berdasarkan hasil analisis permasalahan diketahui bahwa terdapat penumpukan sampah khususnya pada sampah plastik yang berasal dari bahan makanan. Oleh karena itu, perlu adanya solusi untuk mengganti bahan baku plastik menggunakan bahan alami yang mudah terdegradasi. Pemanfaatan pati talas, kitosan, dan ekstrak serai dapat digunakan sebagai pengganti bahan baku plastik, dengan hal tersebut dapat dikembangkan sumber belajar berupa *e-booklet* mengenai pemanfaatan bahan baku alami sebagai bioplastik atau plastik ramah lingkungan.

Potensi pada bahan alami seperti pati talas, kitosan, dan ekstrak serai sebagai bahan baku pembuatan bioplastik dapat dikaitkan dalam materi mikrobiologi pangan. Ekstrak serai mampu memberikan sifat antibakteri pada bioplastik, sehingga kemasan dari bioplastik ini dapat memperpanjang masa simpan bahan makanan sesuai dengan teori pada mata kuliah mikrobiologi pangan. Namun, potensi bahan alami ini belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber belajar atau bahan bacaan informatif. Oleh karena itu, *e-booklet* diperlukan untuk mengintegrasikan potensi bahan alami tersebut dengan konsep biologi, seperti klasifikasi, morfologi, sifat antibakteri, serta dilengkapi dengan gambar yang jelas berdasarkan hasil penelitian di lapangan, untuk meningkatkan pemahaman dan minat pembaca.

Tahap perancangan (*design*) yaitu dengan menyusun kerangka *e-booklet* disertai dengan materinya yang kemudian dikembangkan menjadi *draft* awal *e-booklet*. Pengembangan *e-booklet* diawali dengan membuat bagian luar yaitu *cover* (sampul), bagian isi buku (isi), dan bagian penutup (kesimpulan) yang berkaitan dengan isi materi. *E-booklet* dirancang menarik dengan pemanfaatan ilustrasi gambar dan video, sehingga dapat meningkatkan minat dan rasa ingin tahu pembaca terhadap isi *e-booklet*. *E-booklet* yang dikembangkan memiliki ukuran 148 x 210 mm yang sesuai dengan ketentuan *e-booklet* (Pranata., 2013). Bagian *cover* memuat informasi berupa judul, nama penulis, dan beberapa dokumentasi hasil penelitian eksperimen. *E-booklet* didesain menggunakan aplikasi *Canva* dengan berbagai ornament untuk mendukung isi dari buku sehingga dapat dipahami dan menarik minat pembaca.

Pada bagian awal *e-booklet* berisi halaman judul, kata pengantar, daftar isi, tujuan, dan bagian pendahuluan. Bagian materi dimulai dari kajian pustaka, hasil eksplorasi bahan alami, proses pembuatan bioplastik, metode uji bioplastik, dan hasil uji bioplastik. *E-booklet* dilengkapi beberapa elemen pendukung untuk meningkatkan minat pembaca dan informasi materi atau isi dari *e-booklet* yang dikembangkan memiliki data relevan. Bagian penutup *e-booklet* berisi kesimpulan, daftar pustaka, glosarium, dan profil penulis.

Pada tahap pengembangan (*Develop*) peneliti mengembangkan produk berupa *e-booklet* Bioplastik Antibakteri *E.coli* berbahan dasar Pati Talas, Kitosan, dan Ekstrak Serai yang kemudian dilakukan uji kelayakan produk oleh validator ahli materi dan ahli media. Tahap pengembangan memiliki tujuan untuk mencari berbagai konsep atau landasan teoritis untuk memperkuat kualitas produk yang akan dikembangkan (Sondang, dkk., 2024). Terdapat beberapa komponen pendukung seperti kajian literatur mengenai ruang lingkup produk, keunggulan dan keterbatasan pengembangan produk, serta konten yang diatur secara sistematis menyesuaikan tujuan dari pengembangan produk.

Kelayakan *e-booklet* berdasarkan aspek materi pada tabel 4.2 mengenai hasil validasi ahli materi mendapatkan hasil persentase sebanyak 100% dengan kategori sangat baik/layak untuk aspek penilaian komponen kelayakan materi/isi dan komponen teknik penyajian materi pada *e-booklet*. Persentase sebanyak 81,25% dengan kategori sangat baik/layak didapatkan untuk aspek penilaian komponen kebahasaan. Sumber belajar berupa *e-booklet* ini menyajikan informasi disertai dengan gambar dan video yang cukup jelas dan relevan agar dapat

meningkatkan minat pembaca. Salah satu upaya untuk meningkatkan pemahaman dan menumbuhkan motivasi belajar dapat dengan menggunakan gambar dalam sumber belajar, sehingga sumber belajar berupa *e-booklet* dapat dikatakan baik sebagai sumber belajar (Putri dan Saino, 2020).

Pada aspek kelayakan materi/isi mendapatkan penilaian oleh validator dengan kategori sangat valid, dikarenakan *e-booklet* menyajikan informasi yang sesuai dengan kebutuhan mahasiswa akan adanya sumber belajar terkait pemanfaatan bahan alami sebagai bioplastik yang memiliki sifat antibakteri. Materi yang disajikan tidak menimbulkan banyak tafsir dan konkret, karena merupakan asli hasil penelitian dari peneliti sendiri. *E-booklet* disusun dengan perpaduan tampilan warna, bentuk objek, ukuran, dan tata letak yang disusun secara harmonis dan proporsional, sehingga dapat menarik perhatian pembaca. Tampilan demikian dapat memudahkan pembaca dalam memahami informasi dan materi yang disampaikan dalam sumber belajar (Wahyuni, 2021). Materi atau informasi yang disajikan dalam *e-booklet* dinilai telah memenuhi kriteria sangat baik oleh validator pada poin kedalaman materinya. Informasi pada *e-booklet* yang disampaikan diantaranya yaitu permasalahan pada sampah plastik khususnya pada kemasan makanan, potensi beberapa bahan alami sebagai pengganti bahan baku plastik, cara pembuatan bioplastik, dan metode pengujian karakteristik bioplastik. Keunggulan pada aspek kelayakan isi, didukung dengan adanya penilaian yang baik dari aspek teknik penyajian *e-booklet*.

Validator memberikan penilaian dengan kategori sangat baik/layak pada aspek teknik penyajian *e-booklet*. Hal ini dikarenakan dalam sumber belajar *e-*

booklet yang dikembangkan menyajikan secara runtut mulai dari kata pengantar, isi, hingga penutup. Konsep yang disajikan dalam *e-booklet* disusun runtut dari sederhana hingga kompleks, sehingga dapat memudahkan pembaca dalam memahami informasi yang disampaikan dalam *e-booklet*. Penyusunan *booklet* sangat penting untuk memperhatikan penyajian informasi secara sistematis, runtut, dan jelas agar *booklet* dapat dipahami dengan baik bagi pambacanya (Sary & Isnawati, 2023). Pada *e-booklet* yang dikembangkan telah memenuhi kelengkapan, seperti memuat bagian *cover*, kata pengantar, tujuan, materi inti, dan penutup. Unsur utama dalam penyusunan *booklet* yaitu mencakup kulit buku, bagian depan, bagian teks, dan bagian belakang (Sitepu, 2012).

Pada aspek kelayakan kebahasaan mendapatkan penilaian dengan persentase lebih rendah dari aspek lainnya yaitu 81,25% dengan kategori sangat layak. Hal tersebut karena dalam pengembangan *e-booklet* hasil penelitian pengembangan bioplastik banyak menggunakan bahasa ilmiah yang cenderung kompleks, seperti istilah teknis. Oleh karena itu, pembaca kesulitan memahami informasi tersebut. Penggunaan bahasa teknis tanpa penjelasan yang memadai akan mempengaruhi penilaian kebahasaan. Seharusnya dalam pengembangan *e-booklet* menggunakan bahasa yang mudah dipahami dan disesuaikan dengan pola perkembangan berpikir pambacanya dan dalam penyusunan kalimatnya mengikuti aturan tata kalimat Bahasa Indonesia (Ayunanda dan Nurul, 2024).

Berdasarkan aspek media *e-booklet* yang dikembangkan mendapatkan nilai total persentase sebesar 87,5% dengan kategori sangat layak dari validator ahli media. Pada empat aspek yang diujikan, aspek desain sampul, desain isi, dan

kebahasaan *e-booklet* mendapatkan kategori sangat layak, sedangkan pada aspek ukuran *e-booklet* hanya mendapatkan kategori layak dengan total nilai 75%. Hal tersebut dikarenakan tampilan *e-booklet* tidak dioptimalkan untuk berbagai perangkat seperti ponsel, tablet, atau laptop. Penggunaan ponsel perlu memperbesar dan menggeser layer untuk membaca dengan jelas, sehingga dapat mengurangi kenyamanan. Oleh karena itu, tampilan *e-booklet* diatur sehingga tampilannya akan menyesuaikan dengan layar perangkat pengguna. Meskipun demikian, dengan nilai persentase 75% menunjukkan bahwa *e-booklet* layak untuk digunakan dengan melakukan perbaikan pada aspek ukuran sehingga *e-booklet* dapat lebih efektif sebagai sumber belajar.

Penilaian pada indikator desain sampul *e-booklet* mendapat kategori sangat valid dengan persentase 91,6%. Sampul pada *e-booklet* menyajikan ilustrasi, tipografi, kombinasi dan ukuran huruf, serta tampilan warna yang memiliki fungsi estetika dan menyesuaikan isi materi dalam *e-booklet*. Selain itu sampul *e-booklet* juga menampilkan gambar yang merupakan visualisasi dari materi yang disampaikan sehingga dapat berperan sebagai daya tarik bagi pembaca. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Saleh (2021), bahwa sampul yang baik menyajikan setiap komponen dengan harmonis untuk membentuk satu kesatuan yang konsisten.

Pada indikator desain isi pada *e-booklet* mendapat penilaian dengan kategori valid. Hal ini dikarenakan setiap komponen pada halaman inti seperti bentuk, warna, ukuran, variasi huruf, serta tata letak disusun secara proposional dan harmonis sehingga dapat memperjelas serta menggambarkan maksud dari tulisan. Media dengan tampilan yang menarik, jelas, tidak berantakan dan sistematis akan

efektif dalam penyampaian isi media pada pembacanya (Yogiyanto & Sofyan, 2014). Keefektifan *e-booklet* dalam penyampaian isinya dapat dilihat berdasarkan tanggapan mahasiswa Pendidikan Biologi di Universitas Tidar setelah menggunakan *e-booklet* ini.

Perolehan data dari hasil tanggapan mahasiswa Pendidikan Biologi di Universitas Tidar meliputi tiga aspek komponen kelayakan yaitu ketertarikan terhadap *e-booklet*, materi *e-booklet*, dan bahasa yang digunakan. Komponen pertama dalam penilaian adalah aspek ketertarikan mahasiswa Pendidikan Biologi terhadap *e-booklet*. Berdasarkan 12 aspek pernyataan yang diberikan kepada mahasiswa, secara keseluruhan masing-masing mendapatkan tanggapan dengan kategori sangat layak. Hal tersebut menunjukkan bahwa mahasiswa Pendidikan Biologi memiliki ketertarikan terhadap *e-booklet* yang dikembangkan karena memiliki desain dan tampilan yang menarik dan tidak membosankan. Penyajian materi pada *e-booklet* mengaitkan potensi bahan alami yang banyak ditemukan di wilayah Magelang sebagai solusi bahan baku pembuatan plastik yang ramah lingkungan atau bioplastik. Selain itu dalam penyajian materi juga mengaitkan penerapan dari ilmu mikrobiologi pangan dalam pengembangan kemasan pangan.

Penggunaan bahasa atau kosakata dalam *e-booklet* menyesuaikan dengan pemahaman mahasiswa Pendidikan Biologi mengenai bioplastik, sehingga dapat mempermudah dalam memahami materi yang termuat untuk menambah pengetahuan terkait pemanfaatan bahan alami sebagai bioplastik. Kemudahan mahasiswa dalam memahami informasi dalam sumber belajar didukung dengan adanya gambar dan video dalam *e-booklet* sebagai media yang interaktif, tujuan

penggunaan gambar dan video tersebut untuk memberikan arahan kepada pembaca untuk memahami informasi dalam *e-booklet*. Hal tersebut juga sesuai dengan penelitian Firdaus dan Wilujeng (2018) yang menunjukkan bahwa adanya respon positif terhadap sumber belajar disebabkan oleh pembaca dapat menangkap atau mengerti pokok persoalan yang terdapat dalam sumber belajar.

Pada tahap implementasi, hasil uji coba yang dilakukan pada kelompok besar berjumlah 60 orang mahasiswa Pendidikan Biologi dengan tujuan untuk mengetahui praktikalitas dari sumber belajar *e-booklet* didapat hasil yaitu 92% dengan kategori “sangat praktis”. Mengacu pada hasil uji coba tersebut produk *e-booklet* berbasis penelitian mengenai potensi bahan alami sebagai bahan baku dalam pembuatan bioplastik atau plastik ramah lingkungan secara keseluruhan sangat baik atau sangat praktis digunakan. Hal ini karena mahasiswa merasa mudah dalam menggunakan *e-booklet* yang dikembangkan karena telah disertai materi, gambar, dan video interaktif sehingga lebih menarik. Selain itu *e-booklet* yang dikembangkan menggunakan bahasa sederhana yang mudah dimengerti oleh semua kalangan baik mahasiswa, pelajar dan masyarakat umum.

Pada uji coba kelompok besar terdapat 3 aspek penilaian yaitu kemudahan penggunaan *e-booklet*, kemenarikan sajian *e-booklet* dan manfaat penggunaan *e-booklet*. Pada aspek kemudahan penggunaan didapatkan hasil sangat praktis dengan total persentase 90%. Namun hal tersebut merupakan skor yang paling rendah dari aspek lainnya. Hal tersebut karena meskipun *e-booklet* dirancang untuk memudahkan pengguna dalam mengakses informasi, beberapa pengguna masih kesulitan dalam navigasi atau memahami tata letak yang digunakan. Beberapa ditur

interaktif yang diharapkan dapat meningkatkan pengalaman pengguna justru membingungkan oleh sebagian pengguna. Selain itu, penggunaan *e-booklet* memerlukan koneksi internet yang stabil untuk menampilkan semua halaman. Oleh karena itu, *e-booklet* yang dikembangkan diberikan format dalam bentuk pdf untuk memudahkan pengguna yang memiliki koneksi internet yang buruk.

Pada aspek penilaian kemenarikan sajian terhadap *e-booklet* yang dikembangkan didapatkan hasil sangat praktis dengan total persentase 92%. Indikator ini terdiri atas beberapa penilaian seperti desain dari *e-booklet*, harmonisasi dan proposionalitas dari ukuran, warna, huruf dan gambar. Pada *e-booklet* yang dikembangkan disajikan warna, huruf, dan tata letak secara proposional, harmonis, serta tidak monoton. Perpaduan yang menyatu antar komponen membuat tampilan *e-booklet* menjadi lebih menarik. Pada *e-booklet* yang dikembangkan dilengkapi dengan gambar dan video untuk memudahkan pembaca dalam memahami informasi. Selain itu *Booklet* dalam bentuk elektronik menjadikannya lebih mudah untuk diakses dan mudah digunakan diberbagai tempat. Hal tersebut juga sesuai dengan hasil penelitian Yunita dkk. (2022), yang menyatakan bahwa penyajian *booklet* yang efektif dan menarik dapat meningkatkan motivasi belajar dan meningkatkan pemahaman konsep pembaca.

Penilaian sangat praktis didapatkan pada indikator manfaat penggunaan *e-booklet* dengan total persentase 94%. Hal tersebut karena dalam penyajian materi, menggunakan contoh konkret yang beradada di lingkungan sekitar yang dengan mudah untuk memahami konsep materi. *E-booklet* yang dikembangkan mengacu pada potensi bahan alami yang terdapat dalam lingkugan sekitar yang dimanfaatkan

sebagai solusi dari penumpukan sampah plastik yaitu dengan membuat bioplastik. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Patech dkk., (2022) yang menyatakan bahwa sumber belajar dengan mengacu potensi lingkungan sekitar bersifat kontekstual sehingga dapat meningkatkan kualitas pembelajaran, hasil belajar, serta literasi sains. Selain itu, materi pada *e-booklet* berisi informasi yang relevan dan bermanfaat, dan data hasil yang diberikan dari hasil pengembangan bioplastik memberikan wawasan praksis untuk pengembangan material berkelanjutan.

Tahap evaluasi (*evaluation*) dilaksanakan pada setiap langkah pada pengembangan *e-booklet* sebagai bentuk upaya untuk memperbaiki setiap langkah yang dilakukan. Sehingga, dalam proses evaluasi dan refleksi memudahkan untuk memperbaiki setiap tahapan. Berdasarkan hasil penilaian yang diperoleh, terdapat banyak respon baik yang diberikan oleh mahasiswa. Evaluasi terhadap kegiatan yang dilakukan penting dalam mengetahui sejauh mana pencapaian yang diperoleh (Magdalena dkk., 2020).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dengan judul “Pembuatan Bioplastik Berbasis Pati Talas, Kitosan, dengan Ekstrak Serai Sebagai Antibakteri terhadap *Escherichia coli* Sebagai *E-Booklet* Biologi” dapat disimpulkan bahwa:

1. Bioplastik dari pati talas, kitosan dan ekstrak serai memiliki hasil uji ketebalan yang beragam dari yang terkecil yaitu 0,0200 mm hingga yang paling besar yaitu 0,1066 mm. Hasil uji ketebalan bioplastik ini telah memenuhi ketentuan dalam standar maksimal ketebalan bioplastik menurut *Japanese Industrial Standard* (1975) dengan nilai standar $<0,25$ mm.
2. Terdapat aktivitas antibakteri bioplastik dari bahan dasar pati talas, kitosan, dan ekstrak serai pada bakteri *Escherichia coli* dengan daya hambat yang masih lemah. Daya hambat yang paling tinggi terhadap bakteri *E.coli* terdapat pada perlakuan P8 dengan total 1,50 mm.
3. Pengembangan sumber belajar biologi berupa *e-booklet* hasil penelitian pengembangan bioplastik antibakteri dengan pemanfaatan bahan alami telah dikembangkan dengan judul “Bioplastik Antibakteri *Escherichia coli* Berbahan Dasar Pati Talas, Kitosan dan Ekstrak Serai”. *E-booklet* tersebut memperoleh validasi dari ahli materi dengan nilai 93,75% dan ahli materi mendapat nilai 87,5% dengan kategori sangat layak.

5.2 Implikasi

Implementasi pengembangan sumber belajar *e-booklet* hasil penelitian eksperimen pembuatan bioplastik berbasis pati talas dan kitosan dengan ekstrak serai sebagai antibakteri *Escherichia coli* pada pembelajaran biologi dapat diimplikasikan sebagai berikut.

1. *E-booklet* yang telah dikembangkan sebagai sumber belajar biologi pada materi mikrobiologi pangan dapat digunakan untuk menambah informasi atau wawasan mahasiswa mengenai potensi dari bahan alami sebagai kemasan pangan yang memiliki sifat antibakteri.
2. Sumber belajar berupa *e-booklet* dapat digunakan secara mandiri oleh mahasiswa dan dapat digunakan dimana pun sehingga mampu mengefektifkan waktu pembelajaran.
3. *E-booklet* ini dapat digunakan sebagai alat bantu praktikum biologi untuk mendemonstrasikan proses pembuatan bioplastik antibakteri, sehingga memungkinkan mahasiswa memahami konsep mikrobiologi dan bioteknologi secara langsung melalui eksperimen berbasis bahan alami.

5.3 Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti selanjutnya, penelitian selanjutnya dapat melakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik bioplastik dari pati talas, kitosan, dan ekstrak serai terhadap *biodegradable* dan daya simpan.

2. Bagi peneliti selanjtnya, pada penelitian selanjutnya dapat melakukan analisa antibakteri dengan menggunakan metode selain difusi agar, agar mengetahui konsentrasi hambat minimum.
3. Bagi peneliti selanjutnya dapat memberikan variasi komposisi ekstrak serai untuk menghambat aktivitas antibakteri.
4. *E-booklet* yang telah dikembangkan diharapkan dapat digunakan pada sasaran yang lebih luas sebagai sumber belajar tambahan dalam proses pembelajaran.



DAFTAR PUSTAKA

- Adriana, R. (2017). *Keberadaan Bakteri Escherichia coli di Kawasan Wisata Pantai Tanjung Bayang dan Akkarena Kota Makassar*. (Skripsi, Universitas Hasanudin, 2017). Diakses dari <https://repository.unhas.ac.id/>
- Afif, M., Wijayati, N., & Mursiti, S. (2018). Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan Plasticizer Sorbitol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2), 45-58
- Agustina, S. D. (2023). *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Makassar. PT Masagena Mandiri Medica.
- Ahmad Rahwan. (2017). Kontaminasi Bakteri *Escherichia coli* pada Makanan Jajanan di Pasar Mardika Kota Ambon. *Global Health Science*, 2(1), 41–47.
- Aisyi, N. H., Holly, M., Rizky Akbar, M., Iffa, M., Devika, N., Swantomo, D., & Nuklir, P. T. (2024). Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Tepung Tapioka dan Tepung Beras Ketan dengan Penambahan Filler. *Jurnal Ilmu Teknik*, 1(4), 278–285.
- Ali Chamas, Hyunjin Moon, Jiajia Zheng, Yang Qiu, Tarnuma Tabassum, Jun Hee Jang, Mahdi Abu-Omar, SUSAANNAH L. (2020). Degradation Rates of Plastics in the Environment. *Journal Sustainable Chemistry & Engineering*. 8, 3494-3511.
- Ali, H., Khan, M. I., & Ahmed, M. (2020). Health Risk Associated with Microbial Contamination of Food Packaging. *Journal of Food Microbiology*. 14 (9), 1-17
- Amanda, Eviomitta R., Khoirun Nisyak, Yulianto Ade Prasetya. (2020). Pengembangan Bioplastik Antibakteri *Morganella Morgani* sebagai Kemasan Makanan. *Journal Riset Industri*. Vol 42, No (1). 29-36.
- Aminu, N. R., Setyaji, D. N., & Hartini, S. (2024). Potential of Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Overcome Drought Stress and Low Nutrient Availability in Dryland Farming. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(3), 624–631.
- Andita, R. N. (2020). Efektifitas Ekstrak Serai (*Cymbopogon citratus*) dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus sanguinis*: *Kajian Literatur*. Universitas Hasanudin
- Apriliyani, D. A. (2017). Identifikasi Molekuler *Escherichia coli* pada Minuman Olahan di Kecamatan Gunungpati Semarang. *Jurnal Ilmu Teknik*, 1(4), 285–297.
- Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik* (Edisi Revisi). Jakarta: PT Rineka Cipta.

- Aritonang, S., Rhomadon, F. I., Subiakto, A. K. H., & Nismarawati, A. K. (2024). Pemanfaatan Limbah Biomassa Sebagai Plastik Biodegradable yang Diaplikasikan Pada Food Packaging Ransum Tni. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 7(2), 289–298.
- Asjun, Asnani & RH. Fitri Faradilla. (2023). Pengaruh Formulasi Kitosan Udang Windu dan Karagenan Terhadap Sifat Bioplastik dengan Pemlastik Polietilen Glikol. *Journal of Fishery Science and Innovation*. Vol 7, No. 1, 50-56.
- Ayu, S. P., & Ningsih, A. S. (2020). Utilization of Food Materials in The Making of Bioplastic. *Jurnal Kinetika*, 11(01), 61–64.
- Ayunda, S. N. (2024). Meta-Analisis: Validitas Pengembangan E-Booklet Pembelajaran Biologi untuk Peserta didik SMA. *Al Jahiz: Journal of Biology Education Research*, 5(2), 152-163.
- Bidari, R., Abdillah, A. A., Ponce, R. A. B., & Charles, A. L. (2023). Characterization of Biodegradable Films Made from Taro Peel (*Colocasia esculenta*) Starch. *Polymers*, 15(2), 338.
- Budi, S., Utami, I. S., Arnez, G., Ernanda Putri, W. J., & Saputri, W. (2023). Penerapan Sumber Belajar dalam Proses Pembelajaran Bagi Anak Tunadaksa. *Jurnal Pendidikan*, 32(1), 159–164.
- Budiman, J., Nopianti, R., & Lestari, S. D. (2018). Karakteristik bioplastik dari pati buah lindur (*bruguiera gymnorizha*). *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, 7(1), 49-59.
- Cai-Ling Ke, Fu-Sheng Deng, Chih-Yi Chuang, Ching- Hsuan Lin. 2021. Antimicrobial Actions and Applications of Chitosan. *Polymers*. Vol 13, No 6. 904
- Cengristitama, Herdiansyah & Myra Wardati Sari. 2023. Pengaruh Penambahan Kitosan dan Plasticizer Sorbitol pada Proses Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Pati Kulit Pisang Tanduk. *Politeknik TEDC*. Vol 16 No. 2. 102-108
- Cheng, H., Chen, L., McClements, D. J., Yang, T., Zhang, Z., Ren, F., Miao, M., Tian, Y., & Jin, Z. (2021). Starch-Based Biodegradable Packaging Materials: A Review of Their Preparation, Characterization and Diverse Applications in the Food Industry. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 70–82.
- Christy E. Manyi Loh & Ryk Lues. 2023. A South African Perspective on the Microbiological and Chemical Quality of Meat: Plausible Public Health Implications. *Microorganisms*. Vol 11, No. 2484. 2-48.
- Cox, K. D., Covernton, G. A., Davies, H. L., Dower, J. F., Juanes, F., & Dudas, S. E. (2019). Human Consumption of Microplastics. *Environmental Science and Technology*, 53(12), 7068–7074.

- Dewi Setyawati, F., Yuliani. (2024). Aktivitas Biofungisida Ekstrak Serai wangi (*Cymbopogon nardus L.*) dan Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Menghambat Pertumbuhan *Curvularia lunata*. *Journl lenterabio* 13(1), 32–43.
- Dwiyanti, R. D., Nailah, H., Muhlisin, A., & Leka, L. (2018). Efektivitas Air Perasan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) dalam Menghambat Pertumbuhan *Escherichia coli*. *Jurnal Skala Kesehatan*, 9(2) 1-7.
- Dzaky, M., Sulmartiwi, L., & Pujiastuti, D. Y. (2022). Application of Modified Starch on Bioplastic Spoon Based Carrageenan from *Eucheuma cottonii* on Biodegradability and Water Resistance. *Journal of Marine and Coastal Science*, 11(2), 40–48.
- Elgayyar, M., F. A. Draughan, P. A. Golden, dan J. R. Mount. 2001. Antimicrobial Activity of Essential Oils from Plants Againsts Selected Pathogenic and Saprophytic Micro-organisms. *Journal of Food Protein*. Vol 6. No (7): 1019-1024.
- Erlyn, P. (2016). Efektivitas Antibakteri Fraksi Aktif Serai (*Cymbopogon citratus*) terhadap Bakteri *Streptococcus mutans*. *Syifa 'Medika*, 6(2), 111–125.
- Firdaus, M dan Wilujeng, I. 2018. Pengembangan LKPD inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik. *Jurnal inovasi pendidikan IPA*. 4(1): 26- 40.
- Fitriany, D. S., Annaziha, S., Syamsudin, Hiskia. A., & Khumaira, A. (2023). Bio-Pack: Biodegradable Packaging Pati Singkong sebagai Solusi Pencemaran Limbah Plastik Konvensional. *Journal of Comprehensive Science*, 2(1), 430-437.
- Fransisca, D., Kahanjak, D. N., & Frethernety, A. (2020). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Sungkai (*Peronema canescens* Jack) terhadap Pertumbuhan *Escherichia coli* dengan Metode Difusi Cakram Kirby-Bauer. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 7(3), 460–470.
- Fransisca Fiendra Natasha. (2023). Aplikasi Senyawa Bioaktif dari Minyak Serai Wangi (*Citronella Oil*) sebagai Antimikroba dan Antioksidan dalam Pembuatan Bioplastik dengan Metode *Double-Layer Solution Casting* untuk Kemasan Aktif. (Skripsi, Universitas Padjadjaran, 2023). Diakses dari <https://kandaga.unpad.ac.id/en/koleksi/repository/item/240210190046>
- Hadijah, S., & Adriani, D. (2019). Substitution of Wheat Flour Into Taro Flour In Traditional Cake Baroncong. *Journal FAME: Journal Food and Beverage*, 87(2), 46–54.
- Handrianto, P. (2016). Uji Antibakteri Ekstrak Jahe Merah *Zingiber officinale* var. Rubrum Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Journal of Research and Technology*, 2(1), 1-4.

- Hanifah, H., Afrikani, T., & Yani, I. (2020). Pengembangan Media Ajar E-Booklet Materi Plantae Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Biologi Siswa. *Journal Of Biology Education Research (JBER)*, 1(1), 10–16.
- Hasanuddin Pratiwi, & Salnus Subakir. (2020). Antibacterial Activity Of Clove Oil (*Syzygium Aromaticum*) In Inhibiting The Growth Of *Streptococcus mutans* Causing Dental Disease. *Journal Biologi Makassar*, 5 (2), 241-250
- Hendrawan, N. Z. (2018). Formulasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Gel Nanosilver Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* Secara *in Vitro*. (Disertasi Doktorat, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2018). Diakses dari <http://etheses.uin-malang.ac.id/14297/>
- Hermawati, E., Tanfil, A., & Chandra, P. P. B. (2023). Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Sereh Wangi (*Cymbopogon citratus*) Terhadap Bakteri *Escherichia coli*, *Propionibacterium acne*, *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Farmasi*, 12(2), 11–16.
- Hilwatullisan, & Hamid, I. (2019). Pengaruh Kitosan dan Plasticizer Gliserol Dalam Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Pati Talas. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 2(2), 221-227.
- Hidayati, Ratna Yulinda, Rizky Febriyani P. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran E-Booklet Sebagai Bahan Pengayaan pada Materi Sistem Tata Surya Kelas VII SMP. *Eduproxima: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*. Vol 6. No 3.
- Illing, I., & Muhammad Nur Alam, dan. (2020). Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Pisang Kepok/Selulosa Serbuk Kayu Gergaji. *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*, 1(1), 14-19.
- Issusilaningtyas, E., Rochmah, H. N., & Farabi, M. F. (2024). Uji Ekeftivitas Sediaan Gel Kombinasi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.) dan Minyak Sereh (*Cimbopogon citratus*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 4(7), 4837-4850.
- Iswarin, S. J., Nuriyah, L., & Sriwilujeng, A. I. (2013). Hubungan Gugus Fungsi Plastik Biodegradabel Metil Akrilat dan Pati Garut Terhadap Sifat Mekaniknya. *Natural*, 2(2), 178–184.
- Jennifer P Pinto, Oshin Jacintha D, Vishram D. H, Nagarjuna P. D, Praveen K. S. K, Shivayogi S. Narasagoudr, Saraswati P. Ravindra B. (2023). Functional Properties of Taro Starch Reinforced Polysaccharide Based Films for Active Packaging. *Food Biocience*. Vol 56. 103340
- Kan, M., & Miller, S. A. (2022). Environmental Impacts of Plastic Packaging of Food Products. *Resources, Conservation and Recycling*, 180, 106–120.
- Kristiningsih, A., Wittriansyah, K., Hastuti, H. D., & Sodikin, J. (2024). Karakteristik Fisik Bioplastik Kitosan dengan Penambahan Selulosa Kulit Nipah (*Nypa fruticans*). *Journal of Marine Research*, 13(4), 721–730.

- Kurniawan, E., Sari, N., & Sultahun. (2020). Ekstrasi Sereh Wangi Menjadi Minyak Atsiri. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(1), 43–53.
- Kustiyah, E., Novitasari, D., Andia Wardani, L., Hasaya, H., & Widianoro, M. (2023). Utilization of Sugarcane Bagasses for Making Biodegradable Plastics with the Melt Intercalation Method. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(2), 300–306.
- Liu, J., Shao, L., Feng, X., Xu, S., & Mi, P. (2020). Synthesis of Pyrrole-Bridged Constrained Geometry Complexes and Their Application for Olefin Polymerization. *Journal of Applied Polymer Science*, 137(17).
- M. K. Marichelvam, Mohammad Jawaidd, dan Mohammad Asim. (2019). Corn and Rich Starch-Based Bio-Plastics as Alternative Packaging Materials. *Fibers*. Vol 7, No 32. 1-14.
- M. H. S Ginting, M. Lubis, T. Sidabutar, T. P. Sirait. (2018). The Effect of Increasing Chitosan on the Characteristics of Bioplastic from Starch Talas (*Colocasia esculenta*) using Plasticizer Sorbitol. *IOP Publishing*.
- Magdalena, I., Fauzi, H. N., & Putri, R. (2020). Pentingnya evaluasi dalam pembelajaran dan akibat memanipulasinya. *Bintang*, 2(2), 244-257.
- Maghfirah, A., Sudiati, S., Ramadina, S., & Pratiwi, D. A. (2023). Enhancing Biodegradable Plastics' Physical Properties Through the Incorporation of Talas Beneng Starch (*Xanthosoma undipes* K. Koch) and Glycerol as a Plasticizer. *Journal of Technomaterial Physics*, 5(2), 73–79.
- Maneking, E., Sangian, H. F., Herlina, S., & Tongkukut, J. (2020). Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Biomassa dengan Plasticizer Gliserol. *Jurnal FMIPA Unsrat*, 9(1), 23.
- Meilinda, R., Ningsih, P. A., Anggraini, D., & Pardi, H. (2023). Pemanfaatan Limbah Kulit Udang Sebagai Bahan Pembuatan Kitosan dan Aplikasinya Sebagai Pengawet Alami Pangan: Tinjauan. *Jurnal Penelitian Kimia dan Pendidikan Kimia*, 6, 50–58.
- Melani, A., Herawati, N., & Kurniawan, A. F. (2017). Bioplastik Pati Umbi Talas Melalui Proses Melt Intercalation (Kajian Pengaruh Jenis Filler, Konsentrasi Filler dan Jenis Plasticizer). 2(2), 53–67.
- Meritain da Rocha, de Souza, M. M., & Prentice, C. (2018). Biodegradable Films: An Alternative Food Packaging. *Food Packaging and Preservation*, 307–342.
- Mesra, R., Salem, V. E. T., Goretti, M., Polii, M., Daniel, Y., Santie, A., Made, N., Wisudariani, R., Sarwandi, R. P., Sari, R., Yulianti, A., Nasar, Y., Yenita, D., Putu, N., & Santiari, L. (2023). *Research & Development Dalam Pendidikan*. Sumatera Utara. PT. Mifandi Mandiri Digital.
- Muhammad. (2018). *Sumber Belajar* (H. M. Zaki, Ed.). Mataram. Sanabil Publishing.

- Nafiyanto, I. (2019). Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Limbah Bonggol Pisang Kepok Dengan Plasticizer Gliserol Dari Minyak Jelantah dan Komposit Kitosan dari Limbah Cangkang Bekicot (*Achatina fullica*). *Integrated Lab Journal*, 7(1), 75-89.
- Najmah, Fitria, R., Munandar, H., Kurniawati, E., & Thabyan. (2023). Skrining Fitokimia, Total Flavonoid dan Fenolik Daun Sereh Wangi *C. nardus*. *Jurnal Crystal: Publikasi Penelitian Kimia dan Terapannya*, 5(1), 62–70.
- Naki, M. S., & Wake, I. A. (2020). Pemanfaatan Pati Umbi Talas (*Colocasia esculenta* L.) Sebagai Bahan Pembuatan Bioplastik. *Action Research Literate*, 4(2), 7-13.
- Nita Aryanti, Yovita Asih Kusumastuti, dan Wida Rahmawati. (2017). Pati Talas (*Colocasia esculenta* L.) Sebagai Alternatif Sumber Pati Industri. *Journal Momentum*. 13(1), 46-52.
- Oktariani, P., & Adlini, M. N. (2024). Development of Character Education-Based E-Booklet as Learning Media On Reproductive System Material. *BIO-INOVED : Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*, 6(2), 207-216.
- Patech, L. R., Al Idrus, A., & Syukur, A. (2022). Validasi *Booklet* Keanekaragaman *Echinodermata* yang Berasosiasi dengan Lamun untuk Siswa SMA di Pesisir Selatan Pulau Lombok. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(3), 1104-1114.
- Papilaya, E., Sinaga, E. S., Bowaire, A. N., Togibasa, O., & Yapen, A. (2024). Pengaruh Konsentrasi Kitosan Pada Sintesis Dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu (*Metroxylon* sp.) Asal Kabupaten Jayapura. *PHYDAGOGIC*, 6(2), 130-136.
- Perdana MI, Panphon S, Ruamcharoen J, Leelakriangsak M. 2022. Antimicrobial Property of Cassava Starch/Chitosan Film Incorporated with Lemongrass Essential Oil and Its Shelf Life. *Journal of Pure and Applied Microbiology*. Vol 16, No (4): 2891-2900.
- Permata Dewi, A., Studi Sarjana Farmasi, P., Farmasi dan Ilmu Kesehatan Universitas Abdurrah, F., & Studi Analisis Kesehatan, P. (2024). Identifikasi Bakteri Patogen Mesofilik pada Sumber Air Bersih di Jalan Riau Ujung Kota Pekanbaru. *Jurnal Farmasi*, 2(2), 34–42.
- Pranata, M. (2013). Pendekatan Estetika Pada Desain Pesan. *Bahasa dan Seni*, 30(2), 272-283.
- Putri Nirmala Meilia dan Saino. (2020). Pengembangan *Booklet* Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Pelajaran Pengelolaan Bisnis Ritel Materi Perlindungan Konsumen Kelas XI BDP di SMKN Mojoagung. *Jurnal Pendidikan Tata Niaga*. Vol 8. No(3) 925-931.
- Renataa F. Santana., Renata Cristina F. B., Olga R. R. G., Luciano B. R., Leandro S. S., Ana C. S. P., Cristiane P. O., Rafeal C. I. F. 2018. Characterization of

- Staarch-Based Bioplasatics from Jackfruit Seed Plasticized with Glycerol. *Journal of Food Science and Technology*. Vol 55. 278-286.
- Rosyida, A., & Martini, M. (2023). Hubungan Higiene Sanitasi Dengan Kontaminasi *Escherichia coli* dan Jumlah Total Kuman Pada Cincau Hitam di Pasar Tradisional Kota Semarang. *Jurnal Riset Kesehatan Masyarakat* 2023, 3(1), 1–7.
- Safriani, M., Febrianti, D., Fahrizal, T., Rafshanjani, M. A., Salena, Y., Yusra, A., & Zakia, D. (2022). Sosialisasi Pengurangan Sampah Plastik dan Dampak Sampah Plastik Pada Siswa SMA 2 Darul Makmur Kabupaten Nagan Raya. *Jurnal Karya Abdi Masyarakat Universitas Jambi*, 6(2), 449-456.
- Saleh, N. A. (2021) *Pedoman Penulisan Buku Ajar*. Makassar: Nas Media Pustaka
- Saputra, M. R. B., & Supriyo, E. (2020). Pembuatan Plastik Biodegradable Menggunakan Pati dengan Penambahan Katalis ZnO Stabilizer Gliserol. *Jurnal Penelitian Terapan*. 1(1), 41–51.
- Sarip, M., Amintarti, S., & Utami, N. H. (2022). Validitas dan Keterbacaan Media Ajar *E-booklet* untuk Siswa SMA/MA Materi Keanekaragaman Hayari. *JUPEIS: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*. 1(1), 43-59
- Sary, A. L., & Isnawati, I. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran *Booklet* Berbasis *Edible Mushroom* pada Materi Fungi untuk Meningkatkan Minat Berwirausaha Siswa Biologi Kelas X SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 12(1), 218-228.
- Septiyasari, E., & Sofyanita, E. N. (2023). Gambaran Bakteri *Escherichia Coli* Pada Jajanan Gorengan Di Sepanjang Jalan Tlogosari Raya Semarang. *Jurnal Dunia Ilmu Kesehatan (JURDIKES)*, 1(1), 22–27.
- Sinaga, R. F., Ginting, G. M., Hendra, M., Ginting, S., & Hasibuan, R. (2014). Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Kekuatan Tarik dan Pemanjangan Saat Putus Bioplastik Dari Pati Umbi Talas. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2).
- Siregar, S., Rizky, V. A., & Saragih, W. P. N. (2022). Perbedaan Hasil Pemeriksaan Jumlah Koloni Bakteri pada Daging Ayam Broiler dengan Pemberian Parutan Serai (*Cymbopogon citratus*) Setelah 24 Jam. *Jurnal SAGO Gizi dan Kesehatan*, 4(1), 97-107.
- Sugiyono. (2019). *Metodelogi Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif Dan R&D*. Bandung: ALFABETA.
- Suparno, A. C., Kasasiah, A., & Ratnasari, D. (2022). Isolasi *Escherichia coli* pada Sumber Air Baku Serta Uji Resistensinya Terhadap Antibiotik Ampisilin dan Sefriakson. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 2 (3), 265–273.
- Supriadi. (2015). Pemanfaatan Sumber Belajar Dalam Proses Pembelajaran. *Lantanida Journal*, 3(2), 127-139.

- Tan, S. X., Ong, H. C., Andriyana, A., Lim, S., Pang, Y. L., Kusumo, F., & Ngoh, G. C. (2022). Characterization and Parametric Study on Mechanical Properties Enhancement in Biodegradable Chitosan-Reinforced Starch-Based Bioplastic Film. *Polymers*, 14(2), 278.
- Trimanto, Sajidan, & Sugiyarto. (2011). Karakteristik Talas (*Colocasia esculenta*) Berdasarkan Penanda Morfologi dan Pola Pita Isozim. *Asian Journal of Tropical Biotechnology*, 8(1), 94-112.
- Ulyarti, Ulyarti; Lavlinesia, Lavlinesia; Surhaini, Surhaini; Siregar, Nurainun; Tomara, Anggel; Lisani, Lisani; and Nazarudin, Nazarudin. (2021). Development of Yam-Starch-Based Bioplastics with the Addition of Chitosan and Clove Oil. *Makara Journal of Science*: Vol. 25: Iss. 2, Article 5
- Wahyudi, B., Bahrul, M., Kasafir, H., Rokhmat, M., & Hidayat, T. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Talas dengan Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. UPN Veteran.
- Wahyuni, S., Murniatie, I.U., Siswiyanti, F., & Maharani, E.R. (2021). *Bahan ajar Telaah Materi*. Malang: CV Literasi Nusantara Abadi.
- Warlina, L. (2019). Pengelolaan Sampah Plastik Untuk Mitigasi Bencana Lingkungan. *Journal of Chemical Informaation and Modeling*, 53(9), 89-108.
- Weni Aristiyaningsih & Khafid Mahbub. 2025. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Melati (*Jasminum sambac* (L.) terhadap Bakteri *Escherichia coli* dengan Metode Difusi Cakram. *Forte Journal*. Vol 5. No. 1. 224-230
- Widya, M. R., Wahyu, H. F., Harini, N. W., Laila, N. A., Salsabila, S., & Faisal. (2024). Uji Potensi Senyawa Antimikroba secara Difusi Sumuran dan Difusi Paper Disk pada Bakteri *Eschericia Coli*. *Era Sains : Journal of Science, Engineering and Information Systems Research*, 2(1), 23-35.
- Winato, B. M., Sanjaya, E., Siregar, L., Fau, S. K. Y. M. V., & Mutia, Dr. M. S. (2019). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Serai Wangi (*Cymbopogon nardus*) Terhadap Bakteri *Propionibacterium acnes*., 6(1), 50–58.
- Winarno. (2004). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta, Indonesia: Gramedia
- Winiati, W., Kasipah, C., Yuliana, R., Wahyudi, T., Mulyawan, A. S., & Septiani, W. (2014). Fiksasi Kitosan Pada Kain Katun Sebagai Antibakteri. *Ejournal Of Industrial System Portal*, 29(1), 25–32.
- Yulianingtyas, A., Kusmartono, B., Kalisahak No, J., & Balapan, K. (2016). Optimasi Volume Pelarut dan Waktu Maserasi Pengambilan Flavonoid Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa blimbi* L.). *Jurnal Teknik Kimia*, 10(2), 61-67.
- Yunita, Wijarini, F., & Nursia. (2022). Pengembangan *Booklet* Berbasis Potensi Lokal Berdasarkan Inventarisasi Jenis Ikan di Wilayah Sungai Sedulun sebagai Sumber Belajar pada Materi Vertebrata Kelas Pisces. *Biopedagogia*, 4(2), 72-87.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Angket Kebutuhan Awal Mahasiswa

ANGKET RESPON MAHASISWA PENDIDIKAN BIOLOGI TERHADAP PENGUNAAN PLASTIK DAN PENGETAHUAN MENGENAI BIOPLASTIK

A. Pengantar

Angket ini bukanlah tes ataupun ujian, melainkan angket untuk mendapatkan data mengenai gambaran berbagai aspek yang dapat mempengaruhi proses dalam kegiatan pembelajaran maupun penelitian, tujuan dari angket ini untuk mengetahui kebutuhan dan minat mahasiswa Pendidikan Biologi terhadap pengembangan *e-booklet* yang membahas mengenai penambahan ekstrak serai pada bioplastik pati talas sebagai alternatif pengganti plastik konvensional yang lebih ramah lingkungan. Saya mengharapkan Anda mengisi angket sesuai dengan keadaan apa adanya. Keterangan Anda tidak akan dinilai benar atau salah, melainkan merupakan gambaran mengenai kebutuhan dan minat Anda terhadap pengembangan sumber belajar yang berbasis hasil penelitian. Keterangan yang Anda berikan akan dijamin kerahasiannya. Saya mengharapkan kepada Anda untuk dapat mengisi angket ini dengan sejujur-jujurnya. Atas kerja sama dan kesediaan Anda mengisi angket ini, saya ucapkan terimakasih.

B. Petunjuk Pengisian

1. Isilah identitas Anda pada tempat yang telah disediakan
2. Anda dapat memberi tanda (✓) pada setiap butir pertanyaan yang sesuai dengan pendapat dan penilaian Anda

Kriteria penilaian:

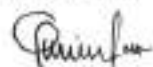
- 1 : Sangat Tidak Setuju
 - 2 : Kurang Setuju
 - 3 : Setuju
 - 4 : Sangat Setuju
3. Apabila ada hal yang diragukan, Anda bisa menanyakan kepada petugas.

IDENTITASNama : Gerlino Nur RahmawatiSemester : 07**PERTANYAAN**

Silahkan jawab pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan lengkap

No	Butir	Penilaian			
		1	2	3	4
1.	Apakah plastik merupakan kemasan yang sering Anda gunakan?				✓
2.	Apakah Anda sering menggunakan produk-produk berbahan plastik?				✓
3.	Kemasan plastik konvensional memiliki dampak buruk terhadap lingkungan, karena sifatnya yang sulit terurai. Apakah Anda setuju dengan pernyataan tersebut?				✓
4.	Apakah penting topik mengenai alternative kemasan plastik yang ramah lingkungan?			✓	
5.	Apakah Anda pernah mempelajari tentang bioplastik sebelumnya?		✓		
6.	Apakah Anda mengetahui bahwa talas dapat menjadi bahan pembuatan plastik?	✓			
7.	Apakah Anda mengetahui potensi dari serai sebagai antibakteri?			✓	
8.	Apakah Anda bernilai untuk memperlagi lebih lanjut mengenai bioplastik sebagai alternative plastik ramah lingkungan?				✓
9.	Apakah Anda sering membaca hasil riset terkini?		✓		
10.	Apakah Anda kesulitan dalam mencari buku hasil riset terkini?				✓
11.	Apakah Anda pernah menemui bahan bacaan hasil riset terkini dalam bentuk buku elektronik dengan isian yang ringan?				✓
12.	Apakah mempelajari hasil riset terkini khususnya bioplastik dalam bentuk buku elektronik menarik bagi Anda?			✓	
13.	Apakah Anda berminat untuk menggunakan sumber belajar berupa buku elektronik tentang bioplastik?				✓

Pengisi Kuisioner


(Gerlino Nur R.)

Lampiran 2 Rekapitulasi Hasil Angket Kebutuhan Awal Mahasiswa

No	Indikator	Frekuensi				Persentase			
		ST J	KS	S	SS	ST J	KS	S	SS
1.	Apakah plastik merupakan kemasan yang sering Anda gunakan?	0	0	7	48	0%	0	13%	87%
2.	Apakah Anda sering menggunakan produk-produk berbahan plastik?	0	1	10	44	0%	2%	18%	80%
3.	Kemasan plastik konvensional memiliki dampak buruk terhadap lingkungan, karena sifatnya yang sulit terurai. Apakah Anda setuju dengan pernyataan tersebut?	0	1	25	29	0%	2%	45%	53%
4.	Apakah penting topik mengenai alternative kemasan plastik yang ramah lingkungan?	0	1	16	38	0%	2%	29%	69%
5.	Apakah Anda pernah mempelajari tentang bioplastik sebelumnya?	3	20	27	5	6%	36%	49%	9%
6.	Apakah Anda mengetahui bahwa talas dapat menjadi bahan pembuatan plastik?	33	10	8	4	60%	18%	15%	7%
7.	Apakah Anda mengetahui potensi dari serai sebagai antibakteri?	27	7	10	11	49%	13%	18%	20%
8.	Apakah Anda berminat untuk mempelajari lebih lanjut mengenai bioplastik sebagai alternatif plastik ramah lingkungan?	0	0	13	42	0%	0%	24%	76%

9.	Apakah Anda sering membaca hasil riset terkini?	0	2	36	17	0%	4%	65%	31%
10.	Apakah Anda kesulitan dalam mencari buku hasil riset terkini?	0	6	25	24	0%	10%	24%	66%
11.	Apakah Anda pernah menemui bahan bacaan hasil riset terkini dalam bentuk buku elektronik dengan isian yang ringan?	0	7	28	20	0%	13%	51%	36%
12.	Apakah mempelajari hasil riset terkini khususnya bioplastik dalam bentuk buku elektronik menarik bagi Anda?	0	0	10	45	0%	0%	18%	82%
13.	Apakah Anda berminat untuk menggunakan sumber belajar berupa buku elektronik tentang bioplastik?	0	0	6	49	0%	0%	11%	89%

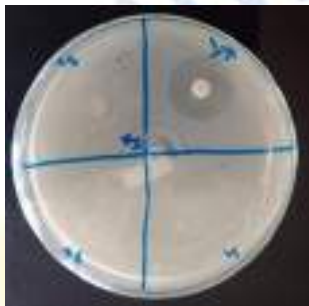
Lampiran 3 Hasil Uji Ketebalan Bioplastik

No	Sampel	Ulangan			Rata-Rata
		1	2	3	
1.	P1	0,05	0,04	0,04	0,016
2.	P2	0,05	0,03	0,04	0,040
3.	P3	0,05	0,07	0,05	0,056
4.	P4	0,01	0,02	0,03	0,020
5.	P5	0,05	0,06	0,03	0,046
6.	P6	0,03	0,06	0,05	0,046
7.	P7	0,04	0,03	0,05	0,040
8.	P8	0,03	0,09	0,06	0,050
9.	P9	0,06	0,13	0,13	0,106

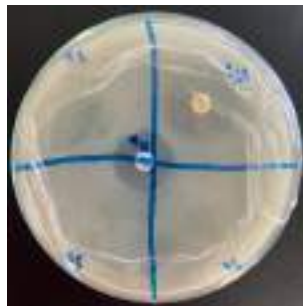


Lampiran 4 Hasil Uji Antibakteri Pada Bioplastik

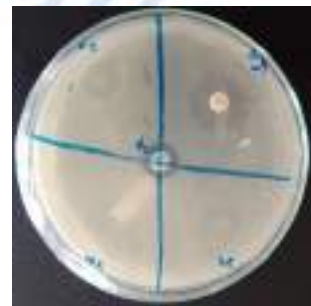
Sampel	Diameter Zona Hambat (mm)			Rata-rata	Kategori
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
P1	0,10	0,20	0,10	0,13	Lemah
P2	0,10	0,10	0,10	0,10	Lemah
P3	0,50	0,37	0,40	0,42	Lemah
P4	0,30	0,10	0,20	0,20	Lemah
P5	0,10	0,10	0,10	0,10	Lemah
P6	0,20	0,30	0,30	0,26	Lemah
P7	0,10	0,10	0,10	0,10	Lemah
P8	1,65	1,60	1,25	1,50	Lemah
P9	0,30	0,20	0,30	0,26	Lemah



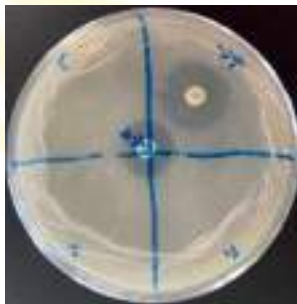
P1



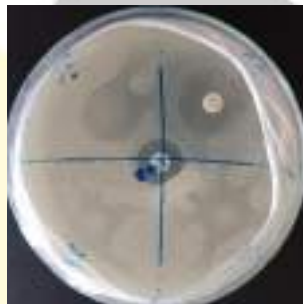
P2



P3



P4



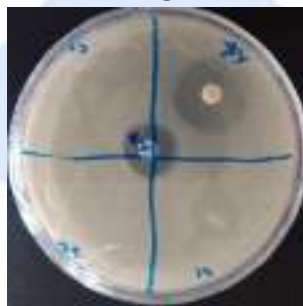
P5



P6



P7



P8



P9

Lampiran 5 Hasil Angket Kebutuhan *E-Booklet*

ANGKET KEBUTUHAN *E-BOOKLET* OLEH MAHASISWA

PENDIDIKAN BIOLOGI UNIVERSITAS TIDAR

Judul *E-Booklet*: Bioplastik Berbahan Dasar Pati Talas Dan Kitosan Dengan Ekstrak Serai
Sebagai Antibakteri Terhadap Bakteri *Escherichia coli*

Tujuan : Untuk mengetahui kebutuhan *e-booklet* sebagai sumber belajar mahasiswa
Pendidikan Biologi yang berbasis riset

Peneliti : Diah Anggraeni Istigfarini

Dalam rangka penulisan skripsi untuk penyelesaian studi Program Sarjana Universitas Tidar, saya bermaksud mengadakan penelitian dengan judul "Pembuatan Bioplastik Berbasis Pati Talas dan Kitosan dengan Ekstrak Serai sebagai Antibakteri terhadap *Escherichia coli* sebagai *E-booklet* Biologi". Sehubungan dengan hal tersebut, pendapat, saran, dan masukan Anda akan sangat bermanfaat sebagai dasar untuk melakukan penelitian skripsi ini. Atas kesediaannya, Saya ucapkan terima kasih

Perunjuk Pengisian

1. Isilah identitas Anda pada tempat yang telah disediakan
2. Mohon untuk dapat mengakses *e-booklet* menggunakan barcode berikut:



3. Pilihlah jawaban yang sesuai.
4. Apabila ada hal yang diragukan, Anda dapat menanyakan kepada peneliti.



Scanned with CamScanner

Identitas RespondenNama : *Julia Afar Rizka*NPM : *2110107011*Semester : *6***Pertanyaan dan Jawaban**

No.	Pertanyaan	Jawaban Responden
1.	Dalam studi Biologi, apakah Anda pernah mempelajari mengenai pemanfaatan bahan alami sebagai antibakteri dan potensinya untuk menjaga ekosistem lingkungan?	☒ Ya ☐ Tidak
2.	Apakah Anda pernah menemukan kesulitan ketika mencari sumber belajar yang memanfaatkan bahan alami terutama tanaman serai sebagai antibakteri?	☒ Ya ☐ Tidak
3.	Menurut Anda, apakah penting untuk memahami potensi pada tanaman dalam studi Biologi?	☒ Ya ☐ Tidak
4.	Menurut Anda, apakah penting memahami penelitian terkini mengenai pemanfaatan bahan-bahan alami sebagai kemasan pangan antibakteri yang ramah lingkungan (bioplastik)?	☒ Ya ☐ Tidak
5.	Apakah sudah ada sumber belajar biologi dalam bentuk e-booklet yang mengintegrasikan potensi lokal yang ada di lingkungan sekitar terutama pada tanaman talas dan serai?	☐ Sudah ☒ Belum
6.	Apakah Anda membutuhkan dan perlu dikembangkan sumber belajar biologi yang mengintegrasikan potensi lokal yang ada di lingkungan sekitar terutama pada tanaman talas dan serai dalam studi biologi?	☒ Ya ☐ Tidak
7.	Menurut Anda, apakah sumber belajar berupa e-booklet bioplastik berbahan dasar pati talas dan kitosan dengan ekstrak serai penting dan mendukung/membantu dalam studi Biologi?	☒ Ya ☐ Tidak
8.	Apa saja informasi yang Anda butuhkan terkait bahan alami dalam pembuatan bioplastik pada e-booklet yang akan dikembangkan? (dapat memilih lebih dari satu jawaban)	☒ Deskripsi bahan alami yang digunakan ☒ Kandungan bahan alami yang dapat dimanfaatkan ☒ Proses pembuatan bioplastik ☐ Proses pengujian antibakteri

9.	Apa format sumber belajar yang Anda sukai? (dapat memilih lebih dari satu jawaban)	☐ Cetak (Buku fisik) ☒ Elektronik (E-book) ☐ Keduanya
10.	Bagaimana isi atau konten dari sumber belajar yang Anda inginkan?	☐ Hanya berisi tulisan dan atau gambar sedikit. ☒ Berisi tulisan dan gambar-gambar yang lengkap, sesuai/mendukung, dan jelas. ☐ Mudah dipahami. ☐ Desain buku yang menarik.

Rekomendasi atau Saran

.....

Magelang, 10 Maret 2017



(Iulita Staf Purno)

Lampiran 6 Rekapitulasi Hasil Angket Kebutuhan *E-Booklet*

No	Indikator	Frekuensi		Persentase	
		Ya	Tidak	Ya	Tidak
1.	Dalam studi Biologi, apakah Anda pernah mempelajari mengenai pemanfaatan bahan alami sebagai antibakteri dan potensinya untuk menjaga ekosistem lingkungan?	52	8	86,7%	13,3%
2.	Apakah Anda pernah menemukan kesulitan ketika mencari sumber belajar yang memanfaatkan bahan alami terutama tanaman serai sebagai antibakteri?	52	8	86,7%	13,3%
3.	Menurut Anda, apakah penting untuk memahami potensi pada tanaman dalam studi Biologi?	60	0	100%	0
4.	Menurut Anda, apakah penting memahami penelitian terkini mengenai pemanfaatan bahan-bahan alami sebagai kemasan pangan antibakteri yang ramah lingkungan (bioplastik)?	60	0	100%	0
5.	Apakah sudah ada sumber belajar biologi dalam bentuk <i>e-booklet</i> yang mengintegrasikan potensi lokal yang ada di lingkungan sekitar terutama pada tanaman talas dan serai?	57	3	95%	5%
6.	Apakah Anda membutuhkan dan perlu dikembangkan sumber belajar biologi yang mengintegrasikan potensi lokal yang ada di lingkungan sekitar terutama pada tanaman talas dan serai dalam studi biologi?	59	1	98,3%	1,7%
7.	Menurut Anda, apakah sumber belajar berupa <i>e-booklet</i> bioplastik berbahan dasar pati talas dan kitosan dengan ekstrak serai penting dan mendukung/membantu dalam studi Biologi?	60	0	100%	0
8.	Apa saja informasi yang Anda butuhkan terkait bahan alami dalam pembuatan bioplastik pada <i>e-booklet</i> yang akan dikembangkan?				
	Jawaban			Frekuensi	Persentase
	Deskripsi bahan alami yang digunakan			52	86,7%
	Kandungan bahan alami yang dimanfaatkan			58	96,7%
	Proses pembuatan bioplastik			53	88,3%

	Proses pengujian antibakteri			46	76,7%
	Manfaat bioplastik			1	1,7%
	Karakteristik bahan alami			1	1,7%
9.	Apa format sumber belajar yang Anda sukai?				
	Jawaban			Frekuensi	Persentase
	Cetak (Buku fisik)			7	11,7%
	Elektronik (E-Book)			26	43,3%
	Keduanya			29	48,3%
10.	Bagaimana isi atau konten dari sumber belajar yang Anda inginkan?				
	Jawaban			Frekuensi	Persentase
	Hanya berisi tulisan dan atau gambar sedikit			1	1,7%
	Berisi tulisan dan gambar-gambar yang lengkap, sesuai/mendukung, dan jelas			59	98,3%



Lampiran 7 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Ahli Materi

No	Indikator	Butir dalam Instrumen	Nomor Butir
1	Kelayakan isi materi	Kesesuaian materi dengan perkembangan ilmu	1,2
		Gambar/diagram dan ilustrasi aktual	3
		Materi/isi komplit, komprehensif, dan konsisten	4
2.	Teknik Penyajian <i>e-booklet</i>	Penyajian materi dilakukan secara runtun, lugas, serta mudah dipahami	5
		Penggunaan lema disertai dengan keterangan yang memadai	6
		Pembahasan setiap lema dilakukan secara runtun, sistematis, dan logis	7
3.	Kebahasaan	Kalimat yang digunakan pada <i>e-booklet</i> sudah mengikuti tata kalimat yang benar dalam Bahasa Indonesia	8
		Bahasa yang digunakan pada <i>e-booklet</i> sederhana dan mudah dipahami	9
		Bahasa yang digunakan pada <i>e-booklet</i> dapat membangkitkan semangat pembaca untuk mempelajadinya	10
		Ejaan yang digunakan pada <i>e-booklet</i> sudah sesuai dengan PEUBI	11

*) Diadaptasi dari Kementerian Pendidikan Nasional Badan Penelitian dan Pengembangan Pusat Kurikulum dan Perbukuan

Lampiran 8 Hasil Validasi Ahli Materi

LEMBAR VALIDASI AHLI MATERI PADA *E-BOOKLET* BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR PATI TALAS DAN KITOSAN DENGAN EKSTRAK SERAI SEBAGAI ANTIBAKTERI TERHADAP BAKTERI *Escherichia coli*

Judul Buku : Bioplastik Berbahan Dasar Pati Talas, Kitosan, dan Ekstrak Serai sebagai Antibakteri terhadap Bakteri *Escherichia coli*

Tujuan : Untuk mengetahui kelayakan *e-booklet* sebagai sumber belajar mahasiswa Pendidikan Biologi yang berbasis riset

Peneliti : Diah Anggraeni Isugfarini

Validator : Ika Sukmawati, S.Pd., M.Pd

NIP : 199108062024212040

Instansi : FKIP Universitas Tidar

Bapak/Ibu yang terhormat,

Dalam rangka penulisan skripsi untuk penyelesaian studi Program Sarjana Universitas Tidar, saya bermaksud mengadakan penelitian dengan judul "Pembuatan Bioplastik Berbasis Pati Talas dan Kitosan dengan Ekstrak Serai sebagai Antibakteri terhadap *Escherichia coli* sebagai *E-booklet* Biologi". Sehubungan dengan hal tersebut, mohon Bapak/Ibu dosen berkenan untuk memberikan penilaian terhadap *e-booklet* ini. Atas bantuan Bapak/Ibu, saya ucapkan terima kasih.

PETUNJUK PENGISIAN

1. Mohon Bapak/Ibu dapat mengakses *e-booklet* menggunakan link berikut <https://heyzine.com/flip-book/d925990062.html> atau dapat menggunakan barcode berikut



2. Mohon Bapak/Ibu berkenan untuk memberikan penilaian dengan cara memberikan tanda ceklis (✓) pada kolom nilai sesuai dengan bobot kriteria penilaian yang telah disediakan.
3. Kriteria penilaian sebagai berikut
Kriteria penilaian:
 - 1 : Jika sangat tidak baik atau sesuai
 - 2 : Jika kurang baik atau sesuai
 - 3 : Jika baik atau sesuai
 - 4 : Jika sangat baik atau sesuai
4. Jika Bapak/Ibu menganggap perlu adanya revisi, mohon untuk menuliskan butir revisi pada kolom saran perbaikan.

Aspek Penilaian	No	Pernyataan	Skor Penilaian			
			1	2	3	4
Aspek Penilaian Kelayakan Materi/Isi	1.	Materi/isi sesuai dan mendukung pencapaian pembelajaran				✓
	2.	Materi/isi tidak bertentangan dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku di Indonesia				✓
	3.	Materi/isi merupakan karya orisinal (bukan hasil plagiat)				✓
	4.	Materi/isi komplit, komprehensif, dan konsisten, sesuai dengan karakteristik bidang atau ruang lingkup buku serta penggunaan sumber rujukan yang diakui secara universal pada bidangnya.				✓
Sub Total Skor						16
Aspek Penilaian Penyajian	1.	Penyajian materi/isi dilakukan secara runtun, lugas, serta mudah di pahami				✓
	2.	Konsistensi sistematika sajian pada e-booklet				✓
	3.	Keterbacaan penulisan pada e-booklet.				✓
	4.	Ketersediaan deskripsi yang menambah pengetahuan mengenai bioplastik.				✓
Sub Total Skor						16
Aspek Penilaian Kebahasaan	1.	Bahasa yang digunakan etis, estetis, komunikatif, dan fungsional, sesuai dengan sasaran pembaca			✓	
	2.	Bahasa (ejaan, tanda baca, kosakata, kalimat dan paragraph) yang digunakan sesuai dengan kaidah dan istilah yang digunakan baku			✓	
	3.	Menggunakan kaidah bahasa yang baik dan mudah dimengerti			✓	
	4.	Kejelasan kalimat (tidak menimbulkan penafsiran ganda)				✓
Sub Total Skor						15

*1) Diadaptasi dari Kementerian Pendidikan Nasional Badan Penelitian dan Pengembangan Pusat Kurikulum dan Perbukuan

Saran Perbaikan

- Karena banyak terdapat istilah ² asing, cek kembali kesesuaian penulisan (ditata miring).
- Cek judul E-Booklet : Bioplastik antibakteri E-coli berbahan dasar pati talas, kitosan, dan ekstrak serai
- cover : desain/cover booklet ini siapa sasaran pembaca / pengguna
- tujuan / tujuan yg ingin dicapai dari booklet perlu disampaikan di awal
- Morfologi kulca E-coli → tegi yang berbeda diperelas
- keterangan gambar yg berbahasa asing sebaiknya diterjemahkan.
- Perimbangan → perlukah mengulas sedikit sebelum dan sesudah tanaman talas, macam-macamnya dan bisa dimanfaatkan sbg apa.
- pembuatan pati talas diagramnya linear, jangan dibuat melingkar (seolah menunjukkan siklus).
- Perlu disertai ulang agar video youtube yg ditautkan tdk terputar bersamaan, dan perlu diberi kalimat pengantar apa videonya, apa yg harus diperhatikan, ds

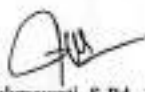
Kesimpulan

Pengembangan E-booklet dari hasil penelitian pengembangan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Talas Dan Kitosan Dengan Ekstrak Serai Sebagai Antibakteri Terhadap Bakteri *Escherichia coli*.

- ☐ Layak untuk diuji cobakan secara terbatas tanpa revisi
- ☒ Layak untuk diuji cobakan terbatas dengan revisi sesuai saran
- ☐ Tidak layak untuk digunakan

Magelang, 21 / 3 / 2018

Ahli Materi


(Ika Sukmawati, S.Pd., M.Pd)

Lampiran 9 Rekapitulasi Penilaian Ahli Materi Terhadap *E-Booklet*

Komponen Kelayakan	Indikator	Skor dari Validator	Jumlah Skor	Persentase
Kelayakan Materi/isi	Materi/isi sesuai dan mendukung pencapaian pembelajaran	4	16	100%
	Materi/isi tidak bertentangan dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku di Indonesia	4		
	Materi/isi komplit, komprehensif, dan konsisten, sesuai dengan karakteristik bidang atau ruang lingkup buku serta penggunaan sumber rujukan yang diakui secara universal pada bidangnya	4		
Penyajian	Penyajian materi/isi dilakukan secara runtut, lugas, serta mudah dipahami	4	16	100%
	Konsistensi sistematika sajian pada <i>e-booklet</i>	4		
	Keterbacaan penulisan pada <i>e-booklet</i>			
	Ketersediaan deskripsi yang menambah pengetahuan mengenai bioplastik	4		
Aspek Penilaian Kebahasaan	Bahasa yang digunakan etis, estetis, komunikatif, dan fungsional, sesuai dengan sasaran pembaca	3	13	81,25%
	Bahasa (ejaan, tanda baca, kosakata, kalimat, dan paragraph) yang digunakan sesuai dengan kaidah dan istilah yang digunakan baku	3		
	Menggunakan kaidah bahasa yang baik dan mudah dimengerti	3		
	Kejelasan kalimat (tidak menimbulkan penafsiran ganda)	4		
Rata-rata			93,75%	
Kategori			Sangat Layak	

Lampiran 10 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Media

No	Indikator	Butir dalam Instrumen	Nomor butir
1	Ukuran <i>e-booklet</i>	<i>e-booklet</i> yang dikembangkan sudah sesuai dengan standar	1
		Ukuran <i>e-booklet</i> yang dikembangkan sudah disesuaikan dengan materi isi <i>e-booklet</i>	2
2	Desain Sampul <i>e-booklet</i> (Cover)	Elemen warna yang digunakan pada sampul/cover <i>e-booklet</i> sudah saling terkait satu sama lain	3
		Komposisi tata letak (judul, logo, dll) pada <i>e-booklet</i> sudah sesuai dengan ukuran <i>e-booklet</i>	4
		Desain sampul/cover pada <i>e-booklet</i> menarik	5
3	Desain Isi <i>e-booklet</i>	Bentuk, warna dan ukuran tata letak pada <i>e-booklet</i> menarik, serasi dan proposional	6
		Angka halaman urut dan penempatannya sesuai dengan pola tata letak	7
		Huruf yang digunakan mudah dibaca	8
		Ilustrasi pada <i>e-booklet</i> mampu mengungkap makna/arti dari objek	9
		Kreatif dan dinamis	10
		Kejelasan penyajian gambar	11
		Penggunaan variasi huruf (<i>bold</i> , <i>italic</i> , <i>capital</i>) pada <i>e-booklet</i> tidak berlebihan	12
4.	Kebahasaan	Kalimat yang digunakan pada <i>e-booklet</i> sudah mengikuti tata kalimat yang benar dalam Bahasa Indonesia	13
		Bahasa yang digunakan pada <i>e-booklet</i> sederhana dan mudah dipahami	14
		Bahasa yang digunakan pada <i>e-booklet</i> sudah sesuai dengan tingkat perkembangan berpikir pada mahasiswa	15
		Bahasa yang digunakan pada <i>e-booklet</i> dapat membangkitkan semangat pembaca untuk mempelajarinya	16
		Ejaan yang digunakan pada <i>e-booklet</i> sudah sesuai dengan PUEBI	17
		Ketepatan menggunakan bahasa kaidah Bahasa Indonesia	18
		Keruntutan dan ketepatan antar paragraf	19
		Keterbacaan pesan	20

*) Diadaptasi dari Kementerian Pendidikan Nasional Badan Penelitian dan Pengembangan Pusat Kurikulum dan Perbukuan

Lampiran 11 Hasil Validasi Ahli Media pada E-Booklet

LEMBAR VALIDASI AHLI MEDIA PADA *E-BOOKLET* BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR PATI TALAS DAN KITOSAN DENGAN EKSTRAK SERAI SEBAGAI ANTIBAKTERI TERHADAP BAKTERI *Escherichia coli*

Judul Buku : Bioplastik Berbahan Dasar Pati Talas, Kitosan, dan Ekstrak Serai sebagai Antibakteri terhadap Bakteri *Escherichia coli*

Tujuan : Untuk mengetahui kelayakan *e-booklet* sebagai sumber belajar mahasiswa Pendidikan Biologi yang berbasis riset

Peneliti : Diah Anggraeni Istigfarini

Validator : Dr. Ericka Darmawan, S.Si., S.Pd., M.Pd

NIP : 19850902201903008

Insansi : FKIP Universitas Tidar

Bapak/Ibu yang terhormat,

Dalam rangka penulisan skripsi untuk penyelesaian studi Program Sarjana Universitas Tidar, saya bermaksud mengadakan penelitian dengan judul "Pembuatan Bioplastik Berbasis Pati Talas dan Kitosan dengan Ekstrak Serai sebagai Antibakteri terhadap *Escherichia coli* sebagai *E-booklet* Biologi". Sehubungan dengan hal tersebut, mohon Bapak/Ibu dosen berkenan untuk memberikan penilaian terhadap *e-booklet* ini. Atas bantuan Bapak/Ibu, saya ucapkan terima kasih.

PETUNJUK PENGISIAN

1. Mohon Bapak/Ibu dapat mengakses *e-booklet* menggunakan link berikut
<https://heyzine.com/flip-book/d025900062.html> atau dapat menggunakan barcode berikut



2. Mohon Bapak/Ibu berkenan untuk memberikan penilaian dengan cara memberikan tanda ceklis (✓) pada kolom nilai sesuai dengan bobot kriteria penilaian yang telah disediakan.
3. Kriteria penilaian sebagai berikut
Kriteria penilaian:
 1. : Jika sangat tidak baik atau sesuai
 2. : Jika kurang baik atau sesuai
 3. : Jika baik atau sesuai
 4. : Jika sangat baik atau sesuai
4. Jika Bapak/Ibu menganggap perlu adanya revisi, mohon untuk menuliskan butir revisi pada kolom saran perbaikan.

Aspek Penilaian	No	Pernyataan	Skor Penilaian			
			1	2	3	4
Ukuran <i>e-booklet</i>	1.	<i>E-booklet</i> yang dikembangkan sudah sesuai dengan standar.			✓	
	2.	Ukuran <i>e-booklet</i> yang dikembangkan sudah disesuaikan dengan materi isi <i>e-booklet</i> .			✓	
Desain sampul <i>e-booklet</i> (cover)	1.	Elemen warna yang digunakan pada sampul/cover <i>e-booklet</i> sudah saling terkait satu sama lain				✓
	2.	Komposisi tata letak (judul, logo, dll) pada <i>e-booklet</i> sudah sesuai dengan ukuran <i>e-booklet</i> .			✓	
	3.	Desain sampul/cover pada <i>e-booklet</i> menarik.				✓
Desain isi <i>e-booklet</i>	1.	Bentuk, warna dan ukuran tata letak pada <i>e-booklet</i> menarik, serasi, dan proporsional.				✓
	2.	Angka halamanurut dan penempatannya sesuai dengan pola tata letak.				✓
	3.	Huruf yang digunakan mudah dibaca.				✓
	4.	Ilustrasi pada <i>e-booklet</i> mampu mengungkap makna/arti dari objek.			✓	
	5.	Kreatif dan dinamis.				✓
	6.	Kejelasan penyajian gambar.			✓	
	7.	Penggunaan variasi huruf (<i>bold</i> , <i>italic</i> , <i>capital</i>) pada <i>e-booklet</i> tidak berlebihan.				✓
Kebahasaan	1.	Kalimat yang digunakan pada <i>e-booklet</i> sudah mengikuti tata kalimat yang benar dalam Bahasa Indonesia.				✓
	2.	Bahasa yang digunakan pada <i>e-booklet</i> sederhana dan mudah dipahami.				✓
	3.	Bahasa yang digunakan pada <i>e-booklet</i> sudah sesuai dengan tingkat perkembangan berpikir pada mahasiswa				✓
	4.	Bahasa yang digunakan pada <i>e-booklet</i> dapat membangkitkan				✓

		semangat mahasiswa untuk mempelajarinya				
	5.	Ejaan yang digunakan pada e-booklet sudah sesuai dengan PUEBI				✓
	6.	Ketetapan menggunakan bahasa kaidah bahasa Indonesia				✓
	7.	Keruntutan dan ketepatan antar paragraf				✓
	8.	Keterbacaan pesan				✓
Skor Total						

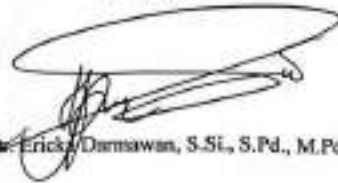
Rekomendasi atau Saran

Kesimpulan

- ☐ Layak untuk diuji cobakan secara terbatas tanpa revisi
☒ Layak untuk diuji cobakan terbatas dengan revisi sesuai saran
☐ Tidak layak untuk digunakan

Magelang, *Mei 2025*

Ahli Media

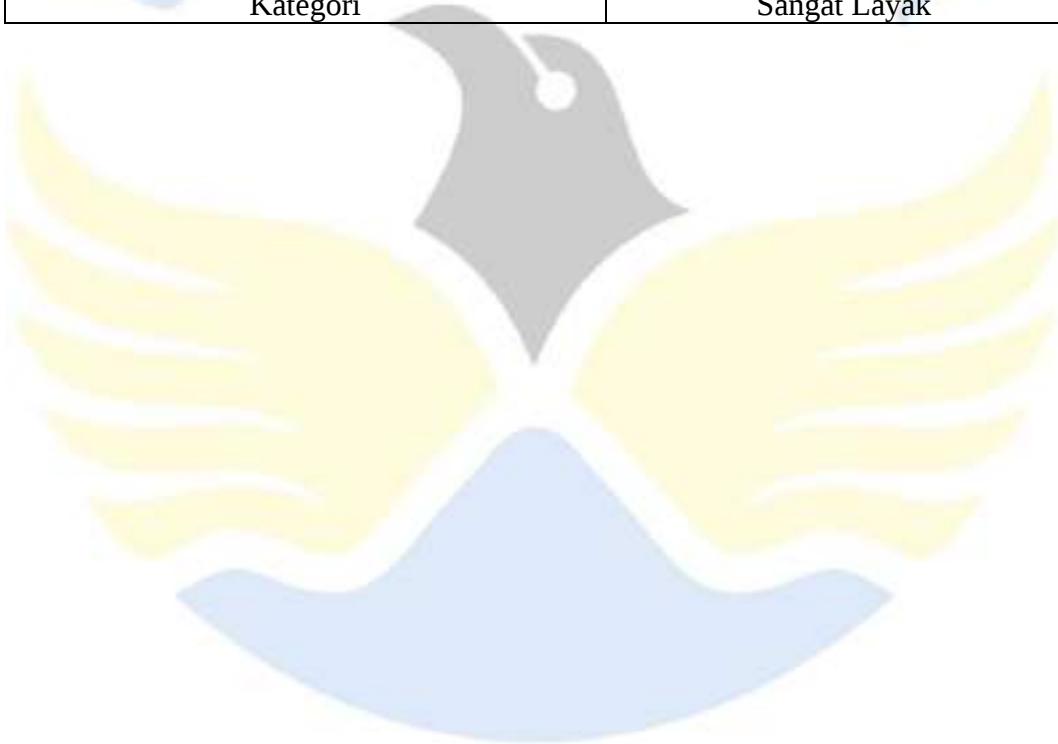


(Dr. Erick Darmawan, S.Si., S.Pd., M.Pd.)

Lampiran 12 Hasil Rekapitulasi Penilaian Ahli Media pada E-Booklet

Komponen Kelayakan	Indikator	Skor dari Validator	Jumlah Skor	Persentase
Ukuran <i>e-booklet</i>	<i>e-booklet</i> yang dikembangkan sudah sesuai dengan standar	3	6	75%
	Ukuran <i>e-booklet</i> yang dikembangkan sudah disesuaikan dengan materi isi <i>e-booklet</i>	3		
Desain sampul <i>e-booklet</i>	Elemen warna yang digunakan pada sampul/cover <i>e-booklet</i> sudah saling terkait satu sama lain	4	11	91,66%
	Komposisi tata letak (judul, logo, dll) pada <i>e-booklet</i> sudah sesuai dengan ukuran <i>e-booklet</i>	3		
	Desain sampul/cover pada <i>e-booklet</i> menarik	4		
Desai isi <i>e-booklet</i>	Bentuk, warna dan ukuran tata letak <i>e-booklet</i> menarik, serasi, dan proposional	4	26	92,85%
	Angka halaman urut dan penempatannya sesuai dengan pola tata letak	4		
	Huruf yang digunakan mudah dibaca	4		
	Ilustrasi pada <i>e-booklet</i> mampu mengungkapkan makna/arti dari objek	3		
	Kreatif dan dinamis	4		
	Kejelasan penyajian gambar	3		
	Penggunaan variasi huruf (<i>bold</i> , <i>italic</i> , <i>capital</i>) pada <i>e-booklet</i> tidak berlebihan	4		
Kebahasaan	Kalimat yang digunakan pada <i>e-booklet</i> sudah mengikuti tata kalimat yang benar dalam Bahasa Indonesia	4	29	90,62%
	Bahasa yang digunakan pada <i>e-booklet</i> sederhana dan mudah dipahami	4		
	Bahasa yang digunakan pada <i>e-booklet</i> sudah sesuai dengan	4		

	tingkat perkembangan berpikir pada mahasiswa			
	Bahasa yang digunakan pada <i>e-booklet</i> dapat membangkitkan semangat mahasiswa untuk mempelajarinya	4		
	Ejaan yang digunakan pada <i>e-booklet</i> sudah sesuai dengana PUEBI	3		
	Ketetapan menggunakan bahasa kaidah Bahasa Indonesia	3		
	Keruntutan dan ketepatan antar paragraph	4		
	Keterbacaan pesan	3		
Total		87,5%		
Kategori		Sangat Layak		



Lampiran 13 Kisi-Kisi Instrumen Tanggapan Mahasiswa Pendidikan Biologi

KISI-KISI INSTRUMEN TANGGAPAN MAHASISWA PENDIDIKAN BIOLOGI TERHADAP *E-BOOKLET* BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR PATI TALAS DAN KITOSAN DENGAN EKSTRAK SERAI SEBAGAI ANTIBAKTERI TERHADAP BAKTERI *Escherichia coli*

No	Indikator	Pernyataan dalam Instrumen	Nomor Pernyataan
1	Ketertarikan terhadap <i>e-booklet</i>	Desain <i>e-booklet</i> menarik, sehingga mahasiswa tertarik untuk membaca	1
		Dilengkapi dengan gambar yang berwarna, sehingga mendukung mahasiswa dalam memahami materi	2
		Tampilan teks jelas dan mudah dipahami	3
		Tidak banyak kombinasi huruf	4
		Gaya penyajian <i>e-booklet</i> biologi menarik dan tidak membosankan.	5
2	Materi <i>e-booklet</i>	Informasi yang disajikan membantu mahasiswa mengetahui mengenai pemanfaatan bahan lokal.	6
		Informasi yang disajikan membuat mahasiswa tetap menjaga dan melestarikan alam	7
		<i>E-booklet</i> dapat menambah sumber pengetahuan dan informasi mengenai penerapan ilmu mikrobiologi pangan dalam pengembangan kemasan pangan.	8
		<i>E-booklet</i> membantu mahasiswa mengetahui manfaat bahan alami yang berpotensi sebagai plastik ramah lingkungan	9
3	Bahasa <i>e-booklet</i>	Bahasa yang digunakan dalam <i>e-booklet</i> sederhana, sehingga mudah dipahami	10
		<i>E-booklet</i> tidak banyak ditemukan salah ketik atau salah tulis	11
		Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia	12

*)Diadaptasi dari instrument penilaian buku teks oleh BSNP 2014

Lampiran 14 Hasil Tanggapan Mahasiswa Pendidikan Biologi

**ANGKET TANGGAPAN MAHASISWA TERHADAP *E-BOOKLET* BIOPLASTIK
BERBAHAN DASAR PATI TALAS DAN KITOSAN DENGAN EKSTRAK SERAI
SEBAGAI ANTIBAKTERI TERHADAP BAKTERI *Escherichia coli***

Judul Buku : Bioplastik Antibakteri *Escherichia coli* Berbahan Dasar Pati Talas, Kitosan,
dan Ekstrak Serai

Tujuan : Untuk mengetahui kelayakan e-booklet sebagai sumber belajar mahasiswa
Pendidikan Biologi yang berbasis riset

Peneliti : Diah Anggraeni Istigfarini

Dalam rangka penulisan skripsi untuk penyelesaian studi Program Sarjana Universitas
Tidar, saya bermaksud mengadakan penelitian dengan judul "Pembuatan Bioplastik Berbasis
Pati Talas dan Kitosan dengan Ekstrak Serai sebagai Antibakteri terhadap *Escherichia coli*
sebagai *E-booklet* Biologi". Sehubungan dengan hal tersebut, mohon Saudara berkenan untuk
memberikan penilaian terhadap e-booklet ini. Atas bantuan Saudara, saya ucapkan terimakasih.

Nama : Iga Ernest Nugra

Instansi : FTB

Petunjuk Pengisian

1. Isilah identitas Anda pada tempat yang telah disediakan
2. Mohon untuk dapat mengakses e-booklet menggunakan barcode berikut:



3. Anda dapat memberi tanda (✓) pada setiap butir pertanyaan yang sesuai dengan pendapat dan penilaian Anda

Kriteria penilaian:

- 1 : Sangat Tidak Setuju
2 : Kurang Setuju
3 : Setuju
4 : Sangat Setuju

4. Apabila ada hal yang diragukan, Anda bisa menanyakan kepada petugas.

No	Butir	Skor			
		1	2	3	4
		STS	KS	S	SS
Ketertarikan terhadap <i>e-booklet</i>					
1.	Desain <i>e-booklet</i> menarik, sehingga mahasiswa tertarik untuk membaca				✓
2.	<i>E-booklet</i> dilengkapi dengan gambar yang berwarna, sehingga mendukung mahasiswa dalam memahami materi				✓
3.	Tampilan teks jelas dan mudah dipahami			✓	
4.	Tidak banyak kombinasi huruf			✓	
5.	Gaya penyajian <i>e-booklet</i> biologi menarik dan tidak membosankan.				✓
Materi <i>E-booklet</i>					
6.	Informasi yang disajikan membantu mahasiswa mengetahui mengenai pemanfaatan bahan lokal.				✓
7.	Informasi yang disajikan membuat mahasiswa tetap menjaga dan melestarikan alam			✓	
8.	<i>E-booklet</i> dapat menambah sumber pengetahuan dan informasi mengenai penerapan ilmu mikrobiologi pangan dalam pengembangan kemasan pangan.				✓
9.	<i>E-booklet</i> membantu mahasiswa mengetahui manfaat bahan alami				✓

	yang berpotensi sebagai plastik ramah lingkungan				
Bahasa					
10.	Bahasa yang digunakan dalam e- booklet sederhana, sehingga mudah dipahami				✓
11.	E-booklet tidak banyak ditemukan salah ketik atau salah tulis				✓
12.	Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia				✓

Diadaptasi dari instrument penilaian buku teks oleh BSNP 2014

Rekomendasi atau Saran

.....

.....

.....

.....

.....

Magelang 25 Maret 2015



(Iga Matri Artanti)

Lampiran 15 Hasil Rekapitulasi Angket Hasil Tanggapan Mahasiswa Pendidikan Biologi

[illegible]

Lampiran 16 Hasil Praktikalitas Mahasiswa Pendidikan Biologi

INSTRUMEN PRAKTIKALITAS MAHASISWA PENDIDIKAN BIOLOGI TERHADAP *E-BOOKLET* BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR PATI TALAS DAN KITOSAN DENGAN EKSTRAK SERAI SEBAGAI ANTIBAKTERI TERHADAP BAKTERI *Escherichia coli*

Judul Buku : Bioplastik Antibakteri *Escherichia coli* Berbahan Dasar Pati Talas, Kitosan,
dan Ekstrak Serai

Tujuan : Untuk mengetahui kelayakan *e-booklet* sebagai sumber belajar mahasiswa
Pendidikan Biologi yang berbasis riset

Peneliti : Diah Anggraeni Istigfarni

Dalam rangka penulisan skripsi untuk penyelesaian studi Program Sarjana Universitas
Tidar, saya bermaksud mengadakan penelitian dengan judul "Identifikasi Karakteristik dan
Antibakteri Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dari Bioplastik Berbahan Dasar Pati Talas,
Kitosan, dan Ekstrak Serai Sebagai *E-booklet* Biologi". Sehubungan dengan hal tersebut,
mohon Saudara berkenan untuk memberikan penilaian terhadap *e-booklet* ini. Atas bantuan
Saudara, saya ucapkan terimakasih.

Nama : Tri Jovita

Instansi : PBI0

Petunjuk Pengisian

1. Isilah identitas Anda pada tempat yang telah disediakan
2. Mohon untuk dapat mengakses *e-booklet* menggunakan barcode berikut:



3. Anda dapat memberi tanda (✓) pada setiap butir pertanyaan yang sesuai dengan pendapat dan penilaian Anda

Kriteria penilaian:

1. : Sangat Tidak Setuju
2. : Kurang Setuju
3. : Setuju
4. : Sangat Setuju

4. Apabila ada hal yang diragukan, Anda bisa menanyakan kepada petugas.

No	Aspek yang Ditilai	Skor Penilaian			
		1	2	3	4
a.	Kemudahan Penggunaan				
	1. Penggunaan <i>e-booklet</i> dapat menghemat waktu dan efisien digunakan dalam mencari sumber.			✓	
	2. Materi yang ada dalam <i>e-booklet</i> mudah untuk dipahami				✓
	3. Penyajian materi pada <i>e-booklet</i> lebih praktis dan dapat dipelajari secara berulang				✓
	4. Bahasa yang digunakan pada <i>e-booklet</i> mudah untuk dipahami			✓	
b.	Kemenarikan Sajian				
	5. Desain tampilan penyajian <i>e-booklet</i> menarik untuk dilihat				✓
	6. Isi materi dalam <i>e-booklet</i> dilengkapi dengan ilustrasi, gambar, foto yang sesuai dengan materi				✓
	7. Pemilihan font tepat dan terbaca jelas				✓
	8. Kombinasi warna yang digunakan dalam <i>e-booklet</i> sudah menarik			✓	
c.	Manfaat				
	9. <i>E-booklet</i> membantu dalam memahami konsep mikrobiologi pangan			✓	
	10. <i>E-booklet</i> dapat membantu dalam menghubungkan materi yang dipelajari dengan kehidupan sehari-hari				✓
	11. <i>E-booklet</i> dapat membantu dalam penyempurnaan materi yang dipelajari				✓
	12. <i>E-booklet</i> bersifat fleksibel (dapat digunakan dimana saja dan kapan saja)				✓
	13. <i>E-booklet</i> dapat memotivasi dalam belajar				✓
	14. <i>E-booklet</i> dapat menambah wawasan dalam materi biologi			✓	

Rekomendasi atau Saran

.....
.....
.....
.....
.....

Magelang, 18 April 2015



(Tet Juntha.....)

Lampiran 17 Hasil Rekapitulasi Angket Hasil Praktikalitas *E-booklet*

Presensi Mahasiswa	Indikator													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	3	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3
2	3	4	3	4	4	3	3	4	4	4	3	4	3	3
3	3	4	4	3	3	3	4	3	3	4	4	4	3	4
4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	3	4	4	4	3
5	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	3
6	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4	4
7	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4
8	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	3
9	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4
10	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4
11	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4
12	4	4	3	4	4	3	3	4	3	4	4	4	3	4
13	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4	3
14	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3
15	3	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4
16	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3
17	4	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	3
18	3	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	3
19	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	4
20	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4
21	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	4	3	4	4
22	3	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4
23	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4
24	4	4	3	4	4	3	3	3	4	4	3	4	4	4

Presensi Mahasiswa	Indikator													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
25	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
26	3	4	4	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4
27	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
28	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4
29	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4
30	3	4	4	2	4	3	3	3	3	4	3	4	4	4
31	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	4
32	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	3	3
33	3	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	3	4
34	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3	4	4
35	3	4	4	3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4
36	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4
37	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
38	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
39	4	4	3	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	3
40	3	3	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
41	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
42	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
43	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
44	4	4	3	4	4	3	3	3	4	4	3	4	4	4
45	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4
46	4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3
47	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4
48	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
49	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4

Presensi Mahasiswa	Indikator													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
50	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
51	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4
52	4	4	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4
53	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3
54	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4
55	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4
56	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
57	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
58	4	4	4	4	3	3	4	4	4	3	4	4	4	4
59	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4
60	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
Jumlah	225	228	221	224	232	219	213	225	222	235	224	228	226	225
Persentase (%)	93	95	92	93	96	91	88	93	92	97	93	95	94	93
Kategori	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL

Lampiran 18 Dokumentasi Penelitian



Pembuatan Bioplastik



Pembuatan Bioplastik



Mencetak Bioplastik



Mencetak Bioplastik



Pengeringan Bioplastik



Pengeringan Bioplastik



Uji Ketebalan Bioplastik



Uji Ketebalan Bioplastik



Uji Antibakteri Bioplastik



Uji Antibakteri Bioplastik



Barcode *e-booklet*