LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGEMBANGAN ANTIBACTERIAL BIO-FILM BERBASIS SERAT PELEPAH PISANG DAN NATRIUM ALGINAT MENGGUNAKAN EKSTRAK KULIT MANGGIS SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL ABSORBENT RAMAH LINGKUNGAN UNTUK PEMBALUT WANITA
PENELITIAN

Nasywa Hanifah Anwar
22526003

2026

No: TA/RT/2026/05

PENGEMBANGAN *ANTIBACTERIAL BIO-FILM* BERBASIS SERAT PELEPAH PISANG DAN NATRIUM ALGINAT MENGGUNAKAN EKSTRAK KULIT MANGGIS SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL *ABSORBENT* RAMAH LINGKUNGAN UNTUK PEMBALUT WANITA

PENELITIAN

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Bidang Rekayasa Tekstil

Disusun Oleh:

Nama : Nasywa Hanifah Anwar
No. Mahasiswa : 22526003

PROGRAM STUDI REKAYASA TEKSTIL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026

PENGEMBANGAN *ANTIBACTERIAL BIO-FILM* BERBASIS SERAT PELEPAH PISANG DAN NATRIUM ALGINAT MENGGUNAKAN EKSTRAK KULIT MANGGIS SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL *ABSORBENT* RAMAH LINGKUNGAN UNTUK PEMBALUT WANITA

LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik pada Bidang Rekayasa Tekstil

Disusun Oleh:

Nama	**:**	**Nasywa Hanifah Anwar**
No. Mahasiswa	**:**	**22526003**

PROGRAM STUDI REKAYASA TEKSTIL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2026

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PENGEMBANGAN *ANTIBACTERIAL BIO-FILM* BERBASIS SERAT PELEPAH PISANG DAN NATRIUM ALGINAT MENGGUNAKAN EKSTRAK KULIT MANGGIS SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL *ABSORBENT* RAMAH LINGKUNGAN UNTUK PEMBALUT WANITA

PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	**:**	**Nasywa Hanifah Anwar**
No. Mahasiswa	**:**	**22526003**

Menyatakan bahwa seluruh hasil Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 12 Februari 2026

Mahasiswa 1,

Nasywa Hanifah Anwar

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN *ANTIBACTERIAL BIO-FILM* BERBASIS SERAT PELEPAH PISANG DAN NATRIUM ALGINAT MENGGUNAKAN EKSTRAK KULIT MANGGIS SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL *ABSORBENT* RAMAH LINGKUNGAN UNTUK PEMBALUT WANITA

PENELITIAN

Disusun Oleh:

Nama : Nasywa Hanifah Anwar

No. Mahasiswa : 22526003

Yogyakarta, 12 Februari 2026

Menyetujui:

Pembimbing Tugas Akhir

Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

Mengetahui:

Ketua Program Studi Rekayasa Tekstil

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PENGEMBANGAN *ANTIBACTERIAL BIO-FILM* BERBASIS SERAT PELEPAH PISANG DAN NATRIUM ALGINAT MENGGUNAKAN EKSTRAK KULIT MANGGIS SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL *ABSORBENT* RAMAH LINGKUNGAN UNTUK PEMBALUT WANITA

PENELITIAN

Disusun Oleh:

Nama : **Nasywa Hanifah Anwar**
No. Mahasiswa : **22526003**

Telah dipertahankan di hadapan penguji pada ujian pendadaran sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Bidang Rekayasa Tekstil, Program Studi Rekayasa Tekstil, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 12 Februari 2026

Tim Penguji,

Dr. Eng., Rina Afiani Rebia, S. Hut., M. Eng.
Ketua Penguji

Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.
Anggota Penguji I

Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.
Anggota Penguji II

Mengetahui:
Ketua Program Studi Rekayasa Tekstil
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir Penelitian yang berjudul "Pengembangan *Antibacterial Bio-Film* Berbasis Serat Pelepah Pisang Dan Natrium Alginat Menggunakan Ekstrak Kulit Manggis Sebagai Alternatif Material *Absorbent* Ramah Lingkungan Untuk Pembalut Wanita"

dengan baik dan tepat waktu. Laporan ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan kelulusan di Program Studi Rekayasa Tekstil, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penulisan Laporan Laporan Tugas Akhir Penelitian saya ucapkan terima kasih kepada setiap pihak yang terlibat dalam penyusunan laporan dan pelaksanaan Tugas Akhir ini hingga selesai. Oleh karena itu, saya ucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M. Eng. selaku Dosen Pembimbing Penelitian Tugas Akhir, sekaligus Ketua Program Studi Rekayasa Tekstil Universitas Islam Indonesia, yang telah membimbing saya dan memberikan saran maupun arahan yang bermanfaat bagi saya;
2. Seluruh staff Laboratorium Penelitian Program Studi Teknik Kimia yang telah membantu saya selama pelaksanaan penelitian;
3. Seluruh staff Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia yang telah membantu saya dalam pelaksanaan pengujian;
4. Seluruh staff Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gajah Mada (LPPT UGM) yang telah membantu saya dalam pelaksanaan pengujian;
5. Orang Tua yang telah senantiasa mendoakan dan mendukung saya dalam pelaksanaan penelitian ini;
6. Saudara Diva Ibnu Sakti yang dengan sukarela meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu dan menemani saya secara langsung dalam pelaksanaan penelitian hingga selesai;

7. Semua pihak yang telah membantu dan berpartisipasi, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan penelitian.

Saya selaku penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata baik dan sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun diharapkan agar menjadi pelajaran dan perbaikan bagi saya untuk kedepannya. Semoga laporan penelitian ini bermanfaat bagi saya maupun bagi yang membaca.

Demikian yang dapat saya sampaikan, saya mengucapakan terima kasih.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 26 Januari 2026

Hormat saya

Penyusun

INTISARI

Penggunaan pembalut wanita konvesional berbasis S*uperabsorbent polymer* (SAP) sintetis menimbulkan perhatian terkait aspek kesehatan reproduksi dan lingkungan, mengingat adanya laporan penggunaan bahan kimia tertentu dalam proses produksinya serta sifat material yang sulit terurai secara alami. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan *Bio-film absorbent* berbasis biopolimer alami dari serat pelepah pisang *(Musa paradisiaca L.)* dan natrium alginat dengan penambahan ekstrak kulit manggis *(Garcinia mangostana L.)* sebagai agen antibakteri alami. *Bio-film absorbent* dibuat dengan variasi rasio serat pelepah pisang dan natrium alginat sebesar 10:90, 30:70, dan 50:50, dengan *finishing* antibakteri menggunakan ekstrak kulit manggis pada konsentrasi 0%, 5%, 10%, 15%. Pengujian meliputi uji daya serap, uji aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi cakram terhadap *Staphylococcus aureus*, analisis gugus fungsi menggunakan FTIR, serta uji biodegradasi di dalam tanah. Hasil penelitian menunjukan bahwa perbandingan komposisi *bio-film absorbent* hasil kombinasi serat pelepah pisang, natrium alginat, dan *finishing* ekstrak kulit manggis berpengaruh terhadap kemampuan penyerapan cairan b*io-film absorbent,* dengan rasio 50:50 menghasilkan kapasitas daya serap tertinggi, sementara *finishing* menggunakan ekstrak kulit manggis mampu memberikan aktivitas antibakteri yang ditunjukan dengan terbentuknya zona hambat yang meningkat seiring bertambahnya konsentrasi ekstrak. Seluruh sampel b*io-film absorbent* menunjukan kemampuan biodegradasi yang baik di lingkungan tanah, namun hasil uji daya serap menunjukan kemampuan biodegradasi yang baik di lingkungan tanah, namun hasil uji daya serap menunjukan bahwa seluruh variasi *bio-film absorbent* belum memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). Oleh karena itu, *bio-film absorbent* ini berpotensi dikembangkan sebagai material pembalut wanita yang higienis, *biodegradable*, dan berkelanjutan dengan pengembangan lebih lanjut terutama pada peningkatan kapasitas daya serap.

Kata Kunci: *Bio-film absorbent*, serat pelepah pisang, natrium alginat, ekstrak kulit manggis, antibakteri, pembalut wanita.

ABSTRACT

The use of conventional sanitary pads based on synthetic superabsorbent polymers (SAP) raises concerns regarding reproductive health and the environment, given reports of the use of certain chemicals in the production process and the material's resistance to natural decomposition. Therefore, this study aims to develop a Bio-Film Absorbent based on natural biopolymers from banana leaf fibres (Musa paradisiaca L.) and sodium alginate with the addition of mangosteen peel extract (Garcinia mangostana L.) as a natural antibacterial agent. Bio-Film Absorbent was made with varying ratios of banana leaf fibre and sodium alginate of 10:90, 30:70, and 50:50, with antibacterial finishing using mangosteen peel extract at concentrations of 0%, 5%, 10%, and 15%. The tests included absorption capacity tests, antibacterial activity tests using the disc diffusion method against Staphylococcus aureus, functional group analysis using FTIR, and biodegradation tests in soil. The results showed that the composition ratio of the bio-film absorbent resulting from the combination of banana leaf fibre, sodium alginate, and mangosteen peel extract finishing affected the liquid absorption capacity of Bio-Film Absorbent, with a ratio of 50:50 producing the highest absorption capacity, while finishing using mangosteen peel extract was able to provide antibacterial activity as indicated by the formation of an inhibition zone that increased with increasing extract concentration. All Bio-Film Absorbent samples showed good biodegradability in soil environments, but the absorption test results showed that all Bio-Film Absorbent variations did not meet the Indonesian National Standard (SNI). Therefore, Bio-Film Absorbent has the potential to be developed as a hygienic, biodegradable, and sustainable sanitary napkin material with further development, especially in increasing its absorption capacity.

Keywords: *Bio-Film Absorbent, banana leaf fibre, sodium alginate, mangosteen peel extract, antibacterial, sanitary napkin.*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR 2

INTISARI 7

ABSTRACT 8

DAFTAR ISI 9

DAFTAR TABEL 12

DAFTAR GAMBAR 13

BAB I. PENDAHULUAN 16

1.1. Latar Belakang 16

1.2. Rumusan Masalah 19

1.3. Batasan Masalah 20

1.4. Tujuan Penelitian 20

1.5. Manfaat Penelitian 21

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA 24

2.1. Penelitian yang Relevan 24

2.2. Landasan Teori 30

2.2.1. Serat Pelepah Pisang *(Musa Paradisiaca L.)* 30

2.2.2. Natrium Alginat 31

2.2.3. *Superabsorbent* Biopolimer 31

2.2.4. Antibakteri Ekstrak Kulit Manggis *(Garcinia Mangostana L.)* .. 32

2.2.5. Prinsip Uji Daya Serap *(Absorbtion)* 33

2.2.6. Prinsip Uji Antibakteri 33

2.2.7. Prinsip Uji Biodegradasi 34

2.2.8. Pembalut Wanita Ramah Lingkungan 35

2.3. Struktur Lapisan Pembalut Wanita / Sistem Multilayer 35
2.4. Hipotesis Penelitian 36
BAB III. METODOLOGI 37
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian 37
3.2 Bahan 38
3.3 Peralatan 44
3.4 Prosedur dan Pengumpulan Data 61
3.5 Pengolahan dan Analisis Data 73
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 75
4.1. Hasil Penelitian 75
4.1.1. Uji Karakteristik Fisik (Ketebalan) 75
4.1.2. Uji Stabilitas Terhadap Larutan 76
4.1.3. Uji Karakteristik Fisik (Kadar PH) 76
4.1.4. Uji Daya Serap *(In-Vitro)* 77
4.1.5. Uji Aktivitas Antibakteri *(S. Aureus)* 78
4.1.6. Uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR) 79
4.1.7. Uji Biodegradasi 81
4.2. Pembahasan 82
4.2.1. Uji Karakteristik Fisik (Ketebalan) 82
4.2.2. Uji Stabilitas Terhadap Larutan 82
4.2.3. Uji Karakteristik Fisik (Kadar PH) 84
4.2.4.* Uji Daya Serap *(In-Vitro) 85
4.2.5.* Uji Aktivitas Antibakteri *(S. Aureus) 90
4.2.6. Uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR) 93
4.2.7. Uji Biodegradasi 95

BAB V. PENUTUP 99

5.1. Kesimpulan 99

5.2. Saran 100

DAFTAR PUSTAKA 103

LAMPIRAN 107

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Tabel Hasil Uji Karakteristik Fisik (Kadar PH) 76
Tabel 4. 2 Hasil Uji Aktivitas Antibakteri S.Aureus 78
Tabel 4. 3 Daftar Gugus Fungsi Hasil Uji FTIR 80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Desain Konseptual Struktur Multilayer Pembalut Wanita Berbasis Bio-film Serat Pisang dan Natrium Alginat 35
Gambar 3. 1 Kulit Manggis Kering..... 38
Gambar 3. 2 Serat Pelepah Pisang 39
Gambar 3. 3 Natrium Alginat..... 39
Gambar 3. 4 Carboxymethyl Cellulose (CMC) 40
Gambar 3. 5 Gliserol..... 40
Gambar 3. 6 Asam Sitrat 41
Gambar 3. 7 Etanol 96% 41
Gambar 3. 8 Larutan NaOH 10%..... 42
Gambar 3. 9 Aquadest 42
Gambar 3. 10 Cairan Darah Buatan 43
Gambar 3. 11 Pembalut Non Gel Komersial..... 43
Gambar 3. 12 Pupuk EM4..... 44
Gambar 3. 13 Gelas Beaker 1 L 44
Gambar 3. 14 Gelas Beaker 500 ml 45
Gambar 3. 15 Gelas Beaker 250 ml 45
Gambar 3. 16 Gelas Beaker 150 ml 46
Gambar 3. 17 Hot Plate Magnetic Stirrer..... 46
Gambar 3. 18 Magnetic Stirrer..... 47
Gambar 3. 19 Kertas Filter..... 47
Gambar 3. 20 Alat Rotary Evaporation..... 48
Gambar 3. 21 Alat Waterbath 48
Gambar 3. 22 Amber Bottle 49
Gambar 3. 23 Pengaduk Kaca..... 49
Gambar 3. 24 Pengaduk Besi 50
Gambar 3. 25 Saringan..... 50
Gambar 3. 26 Oven Vaccum 51

Gambar 3. 27 Timbangan Analitik 51
Gambar 3. 28 Gelas Ukur 10 ml 52
Gambar 3. 29 Gelas Erlenmeyer 50 ml 52
Gambar 3. 30 Gelas Erlenmeyer 100 ml 53
Gambar 3. 31 Kertas Teflon 53
Gambar 3. 32 Cetakan Silikon 54
Gambar 3. 33 Alumunium Foil 54
Gambar 3. 34 Pipet 55
Gambar 3. 35 Pinset 55
Gambar 3. 36 Cawan Petri 56
Gambar 3. 37 Polybag ukuran 15X15 cm 56
Gambar 3. 38 Sekop 57
Gambar 3. 39 Thermometer 57
Gambar 3. 40 Kertas Lakmus PH 58
Gambar 3. 41 Digital Caliper 58
Gambar 3. 42 Fourier Transform Infra Red (FTIR) 59
Gambar 3. 43 Corong 59
Gambar 3. 44 Mixer 60
Gambar 3. 45 Loyang Oven 60
Gambar 3. 46 Gunting 61
Gambar 3. 47 Penggaris 61
Gambar 3. 48 Flowchart Prosedur dan Pengumpulan Data Penelitian 63
Gambar 3. 49 Proses Preparasi Serap Pelepah Pisang 64
Gambar 3. 50 Proses Merserasi Ekstrak Kulit Manggis 65
Gambar 3. 51 Pembuatan Konsentrasi ekstrak Kulit Manggis 65
Gambar 3. 52 Pembuatan Rasio Bio-Film Absorbent 66
Gambar 3. 53 Pencetakan Lembaran Bio-Film Absorbent 66
Gambar 3. 54 Hasil Bentuk dan Struktur Bio-Film Absorbent 66
Gambar 3. 55 Proses Uji Ketebalan Fisik Bio-Film Absorbent 67
Gambar 3. 56 Proses Uji Stabilitas Terhadap Larutan 68
Gambar 3. 57 Proses Finishing Antibakteri Dip Coating 69

Gambar 3. 58 Sampel Bio-film Hasil Finishing Antibaktei Ekstrak Kulit Manggis 69
Gambar 3. 59 Proses Uji Kadar pH 70
Gambar 3. 60 Kenampakan Bio-Film setelah penyerapan cairan 71
Gambar 3. 61 Proses Uji Daya Serap 71
Gambar 3. 62 Proses Uji Antibakteri 72
Gambar 3. 63 Proses Uji Biodegradasi 73
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Uji Karakteristik Fisik (Ketebalan) 75
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Uji Stabilitas Terhadap Larutan 76
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Uji Daya Serap (Absorbsi) 77
Gambar 4. 4 Zona Hambat Uji Antibakteri 78
Gambar 4. 5 Spektrum Hasil Uji FTIR Konsentrasi 0% 79
Gambar 4. 6 Spektrum Hasil Uji FTIR Konsentrasi 5% 79
Gambar 4. 7 Spektrum Hasil Uji FTIR Konsentrasi 10% 80
Gambar 4. 8 Spektrum Hasil Uji FTIR Konsentrasi 15% 80
Gambar 4. 9 Grafik Hasil Uji Biodegradasi 81
Gambar 4. 10 Sampel Bio-film Hasil Uji Daya Serap 90
Gambar 4. 11 Sampel Bio-Film sebelum terdegradasi 98
Gambar 4. 12 Sampel Bio-Film setelah terdegradasi 98

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tekstil sebagai kebutuhan dasar manusia kian hari semakin mendapatkan perhatian tidak hanya dari aspek kenyamanan pemakaian tapi juga dari aspek kesehatan dan lingkungan. Pembalut wanita merupakan salah satu produk higienis yang digunakan hampir setiap bulan oleh sebagian besar wanita di seluruh dunia. Sebagian besar pembalut komersial saat ini masih menggunakan bahan penyerap sintetis berbasis *superabsorbent polymer (SAP)* seperti *sodium polyacrylate*, yang memiliki kemampuan serap tinggi namun bersifat *non-biodegradable*. Akibatnya, limbah pembalut sulit terurai di lingkungan dan dapat mencemari tanah serta air. Selain itu, beberapa bahan kimia tambahan pada pembalut konvensional dilaporkan berpotensi menyebabkan iritasi kulit dan gangguan kesehatan reproduksi pada pengguna jangka panjang (Sadaf et al., 2025).

Seiring meningkatnya kesadaran terhadap isu lingkungan dan kesehatan, pengembangan pembalut wanita ramah lingkungan dan aman bagi kulit menjadi hal yang sangat penting. Salah satu pendekatan yang berkembang adalah penggunaan bahan penyerap alami berbasis biopolimer sebagai pengganti SAP sintetis. Biopolimer memiliki keunggulan seperti biodegradabilitas, biokompatibilitas, dan keamanan biologis (Zinina et al., 2023). Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi serat alam dengan polisakarida alami dapat meningkatkan daya serap air serta stabilitas mekanik material penyerap (Jeyakanthan et al., 2023; Mistry et al., 2023).

Salah satu sumber biopolimer yang potensial adalah serat pelepah pisang *(Musa paradisiaca L.)*, yang memiliki kandungan selulosa tinggi (±60–65%) dan kemampuan menyerap air yang baik (Fan Yuxin, 2023). Indonesia sebagai negara tropis memiliki ketersediaan limbah pelepah pisang yang melimpah, sehingga penggunaannya sebagai bahan penyerap alami dinilai efisien dan berkelanjutan. Di sisi lain, natrium alginat, polisakarida yang

diperoleh dari rumput laut coklat, memiliki kemampuan membentuk gel hidrofilik dan sering digunakan sebagai bahan pengikat *(binder)* dalam formulasi Material *Absorbent* alami. Kombinasi serat pisang dan natrium alginat diharapkan menghasilkan A*bsorbent Bio-fim* dengan daya serap tinggi dan stabilitas struktur yang baik.

Selain faktor daya serap, aspek kebersihan dan keamanan biologis juga penting dalam material pembalut. Lingkungan lembap pada permukaan pembalut dapat menjadi media ideal bagi pertumbuhan bakteri seperti *Staphylococcus aureus* yang menyebabkan bau dan iritasi kulit. Oleh karena itu, dibutuhkan penambahan agen antibakteri. Selama ini, industri tekstil umumnya memanfaatkan agen antibakteri sintetis berbasis senyawa kimia, seperti *quaternary ammonium compounds*, *triclosan*, atau logam berat. Meskipun terbukti efektif dalam menekan pertumbuhan bakteri, penggunaan senyawa sintetis menimbulkan sejumlah permasalahan baru, di antaranya sulit terdegradasi di lingkungan, berpotensi mencemari ekosistem, serta dapat menyebabkan resistensi bakteri akibat paparan jangka panjang. Selain itu, beberapa senyawa kimia tersebut dilaporkan memiliki dampak negatif terhadap kesehatan manusia apabila terakumulasi di kulit (Ketema & Worku, 2020).

Sejalan dengan meningkatnya perhatian terhadap isu *sustainability* dan prinsip *green chemistry*, pengembangan alternatif antibakteri alami menjadi topik penting dalam penelitian tekstil fungsional. Agen antibakteri alami dinilai lebih ramah lingkungan karena sifatnya yang *biodegradable*, ketersediaannya melimpah, serta relatif aman digunakan pada tekstil yang bersentuhan langsung dengan kulit. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ekstrak herbal maupun pewarna alami dapat memberikan efek antibakteri yang cukup signifikan pada kain (El-Shafei et al., 2018; Tegegne et al., 2024).

Salah satu bahan alami yang potensial adalah kulit manggis *(Garcinia mangostana L.)*. Selama ini kulit manggis kerap dianggap sebagai limbah, padahal Ekstrak kulit manggis *(Garcinia mangostana L.)* merupakan bahan

alami kaya senyawa aktif seperti *xanthone, flavonoid, tannin,* dan *saponin* yang terbukti memiliki aktivitas antibakteri kuat terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif (Indrianingsih et al., 2021; Poeloengan & Praptiwi, 2010). Penelitian juga menunjukkan bahwa kulit manggis memiliki efek antioksidan dan antiinflamasi, sehingga aman diaplikasikan pada bahan yang bersentuhan langsung dengan kulit (Sultan et al., 2022).

Pemanfaatan ekstrak kulit manggis sebagai *finishing* antibakteri pada bahan Material *Absorbent* alami tidak hanya meningkatkan nilai fungsional produk, tetapi juga mendukung konsep *green chemistry dan zero waste*, karena bahan yang digunakan berasal dari limbah buah. Indonesia sebagai salah satu produsen manggis terbesar di dunia memiliki potensi besar dalam pemanfaatan kulit manggis secara industri. Melalui pengolahan limbah kulit manggis, nilai ekonomi buah manggis dapat ditingkatkan sekaligus mengurangi masalah limbah pertanian yang belum termanfaatkan secara optimal.

Beberapa penelitian telah melaporkan pemanfaatan pelepah pisang sebagai bahan film *biodegradable*. Hoque dan Janaswamy (2023) menunjukkan bahwa serat kulit pisang dapat diolah menjadi film *biodegradable* dengan sifat mekanik yang memadai serta kemampuan biodegradabilitas yang baik, yang dipengaruhi oleh kandungan selulosa yang tinggi pada serat pisang. Di sisi lain, Zinina, Merenkova, dan Galimov (2023) melaporkan bahwa natrium alginat merupakan biopolimer yang mampu membentuk film hidrofilik dan *biodegradable*, serta sering digunakan sebagai matriks atau pengikat dalam material berbasis serat alam untuk meningkatkan stabilitas struktur dan sifat fungsional material. Kombinasi serat pisang dan natrium alginat juga telah diteliti sebelumnya, seperti yang dilaporkan oleh Rahmawati (2022), yang menunjukkan bahwa peran alginat sebagai matriks mampu meningkatkan sifat mekanik dan biodegradabilitas bioplastik berbasis serat pisang.

Sejalan dengan penelitian tersebut, Sadaf et al. (2025) dalam kajian komprehensifnya mengenai *sustainable sanitary pads* melaporkan bahwa

penggunaan serat alami dan *bio-based superabsorbent polymers* merupakan pendekatan yang menjanjikan untuk menggantikan SAP sintetis pada produk higiene menstruasi. Namun, Sadaf et al. (2025) juga menegaskan bahwa sebagian besar penelitian yang ada masih berfokus pada pengembangan material *biodegradable* dan performa absorpsi, sementara aspek higienitas melalui integrasi agen antibakteri alami masih relatif terbatas. Oleh karena itu, inovasi penelitian ini terletak pada pengembangan *bio-film absorbent* berbasis serat pelepah pisang dan natrium alginat yang dipadukan dengan agen antibakteri alami dari ekstrak kulit manggis, sehingga material yang dihasilkan tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga higienis dan berpotensi sebagai alternatif material absorben pada pembalut wanita.

Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada pengembangan *antibacterial bio-film* dari serat pisang dan natrium alginat menggunakan agen ekstrak kulit manggis, dengan harapan dapat menghasilkan material penyerap yang higienis, aman bagi pengguna, dan mendukung keberlanjutan lingkungan.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi perbandingan komposisi *bio-film absorbent* hasil kombinasi serat pelepah pisang, natrium alginat, dan *finishing* ekstrak kulit manggis terhadap kemampuan penyerapan cairan pada material *bio-film absorbent*?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi ekstrak kulit manggis *(Garcinia mangostana L.*) sebagai agen *finishing* antibakteri alami terhadap aktivitas antibakteri material *bio-film absorbent* terhadap *Staphylococcus aureus*?
3. Bagaimana kemampuan biodegradasi *bio-film absorbent* hasil kombinasi serat pelepah pisang, natrium alginat, dan *finishing* ekstrak kulit manggis dalam mendukung konsep ramah lingkungan?
4. Bagaimana potensi kombinasi bahan material *absorbent* alami (serat pisang dan natrium alginat) dengan agen antibakteri ekstrak kulit manggis dalam

pengembangan produk pembalut wanita higienis, aman, dan berkelanjutan?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada pembuatan dan karakterisasi *bio-film absorbent* berbasis serat pisang *(Musa paradisiaca L.)* dan natrium alginat sebagai bahan penyerap alami untuk aplikasi pembalut wanita ramah lingkungan.
2. Komposisi bahan biopolimer yang digunakan dibatasi pada variasi perbandingan serat pisang dan natrium alginat tertentu (10:90, 30:70, dan 50:50) guna mengetahui pengaruh rasio terhadap sifat penyerapan material.
3. Agen antibakteri alami yang digunakan adalah ekstrak kulit manggis *(Garcinia mangostana L.)* dengan variasi konsentrasi 0%, 5%, 10%, dan 15% (b/v) untuk menilai efektivitas antibakteri yang dihasilkan.
4. Proses aplikasi *finishing* antibakteri dilakukan dengan metode *dip-coating* menggunakan kondisi suhu dan waktu pengeringan yang sama untuk seluruh sampel.
5. Uji daya serap *(absorbtion)* dilakukan untuk menilai kemampuan *bio-film* dalam menyerap cairan sebagai simulasi fungsi penyerapan pada pembalut wanita.
6. Uji antibakteri dilakukan terhadap satu jenis bakteri, yaitu *Staphylococcus aureus* (Gram positif), guna mengetahui kemampuan antibakteri ekstrak kulit manggis pada material *bio-film absorbent*.
7. Uji biodegradasi dilakukan untuk menilai kemampuan *bio-film absorbent* terurai di lingkungan alami sebagai indikator ramah lingkungan.
8. Hasil penelitian ini dibatasi pada data laboratorium sehingga interpretasi efektivitas pada skala industri masih memerlukan penelitian lanjutan.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis pengaruh variasi perbandingan komposisi serat pelepah

pisang, natrium alginat, dan *finishing* ekstrak kulit manggis terhadap kemampuan penyerapan cairan *bio-film absorbent*.

2. Untuk Mengevaluasi aktivitas antibakteri *bio-film absorbent* yang telah di*finishing* dengan variasi konsentrasi ekstrak kulit manggis (0%, 5%, 10%, dan 15%) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*.
3. Untuk menilai kemampuan biodegradasi *bio-film absorbent* berbasis serat pelepah pisang, natrium alginat, dan *finishing* ekstrak kulit manggis sebagai indikator material ramah lingkungan.
4. Untuk mengkaji potensi biopolimer alami (serat pisang dan natrium alginat) sebagai bahan penyerap ramah lingkungan serta potensi ekstrak kulit manggis sebagai agen antibakteri alami dalam pengembangan produk pembalut wanita higienis dan berkelanjutan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

   Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi keilmuan dalam bidang rekayasa tekstil dan material biopolimer, khususnya terkait pengembangan *superabsorbent* berbasis bahan alam sebagai alternatif pengganti *superabsorbent* polymer (SAP) sintetis. Hasil penelitian ini dapat memperkaya kajian mengenai pemanfaatan serat pelepah pisang dan natrium alginat sebagai matriks biopolimer, serta ekstrak kulit manggis sebagai agen antibakteri alami pada produk tekstil higienis. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi dasar teoritis bagi penelitian lanjutan yang berfokus pada pengembangan material ramah lingkungan, *biodegradable*, dan berkelanjutan dalam aplikasi produk kesehatan dan tekstil fungsional.

2. Manfaat Praktis

   a) Bagi Masyarakat

      Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif gel pembalut wanita yang lebih aman bagi kesehatan reproduksi dan ramah

lingkungan. Penggunaan *superabsorbent* berbasis biopolimer alami berpotensi mengurangi paparan bahan kimia sintetis pada pembalut konvensional, seperti residu klorin dan senyawa kimia lain yang digunakan dalam proses pemutihan atau pembentukan SAP, yang dikhawatirkan dapat menimbulkan iritasi kulit apabila digunakan dalam jangka panjang. Selain itu, produk berbahan dasar alam yang mudah terurai secara hayati juga berkontribusi dalam mengurangi dampak limbah pembalut sekali pakai terhadap lingkungan.

b) Bagi Industri/Perusahaan

Bagi perindustrian, hasil penelitian ini berpotensi menjadi dasar pengembangan produk pembalut wanita ramah lingkungan yang aman bagi kulit dan mudah terurai secara alami. Formulasi *bio-film absorbent* dari serat pelepah pisang dan natrium alginat dapat menjadi inovasi baru dalam industri produk higienis berbasis bahan alam, sekaligus mendukung kebijakan industri berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini membuka peluang komersialisasi bahan alami lokal Indonesia untuk produk fungsional yang bernilai ekonomi dan ramah lingkungan.

c) Bagi Prodi/Perguruan Tinggi

Penelitian ini dapat menjadi bahan rujukan akademik dan penelitian lanjutan bagi Program Studi Rekayasa Tekstil, khususnya pada bidang tekstil fungsional, biopolimer, dan material ramah lingkungan. Selain itu, hasil penelitian ini dapat mendukung penguatan arah riset program studi yang berorientasi pada inovasi berbasis *sustainability* dan pemanfaatan bahan alam.

d) Bagi Penulis

Manfaat penelitian bagi penulis, penelitian ini memberikan pengalaman langsung dalam penerapan konsep kimia tekstil dan biopolimer untuk menciptakan produk fungsional ramah lingkungan. Melalui penelitian ini, penulis dapat mengasah kemampuan analisis, perancangan eksperimen, serta pemecahan masalah berbasis sains

dan teknologi hijau (*green technology*). Selain itu, penelitian ini juga memperkaya wawasan mahasiswa mengenai potensi pemanfaatan limbah pertanian lokal seperti serat pisang dan kulit manggis menjadi material bernilai tambah.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian yang Relevan

Sejumlah penelitian yang relevan terkait penelitian ini antara lain:

1. Penelitian berjudul *"Sustainable sanitary pads: A comprehensive review of natural fibers and bio-based superabsorbent polymers for eco-friendly menstrual hygiene"* yang dilakukan oleh Sadaf et al. (2025) mengkaji secara komprehensif pengembangan pembalut wanita ramah lingkungan berbasis serat alami dan *bio-based superabsorbent polymers* (bio-SAP) sebagai alternatif pengganti SAP sintetis. Hasil kajian menunjukkan bahwa serat alami seperti serat pisang, bambu, dan kapas, serta biopolimer hidrofilik seperti alginat dan pati termodifikasi, memiliki potensi yang baik dalam meningkatkan kemampuan penyerapan cairan sekaligus menurunkan dampak lingkungan karena sifatnya yang *biodegradable* dan biokompatibel. Selain itu, penelitian ini juga menekankan pentingnya aspek higienitas dan keamanan material dalam produk higiene menstruasi, serta menyoroti bahwa pengembangan material absorben dengan fungsi tambahan seperti antibakteri masih terbatas dan memerlukan eksplorasi lebih lanjut. Penelitian ini relevan dengan penelitian yang dilakukan karena sama-sama membahas pengembangan material absorben ramah lingkungan untuk aplikasi pembalut wanita berbasis serat alami dan biopolimer.
2. Penelitian berjudul "*Formulasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Sediaan Krim Ekstrak Etanol Kulit Buah Manggis (Garcinia mangostana Linn.) terhadap Bakteri Propionibacterium acnes ATCC 1335"* yang dilakukan oleh Fitriana et al. (2024) menunjukan bahwa ekstraksi kulit buah manggis dilakukan menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96%. Pemilihan etanol 96% didasarkan pada sifatnya yang bersifat polar, aman, mudah menguap, serta efektif mengekstraksi senyawa aktif seperti *xanthone, flavonoid, tanin, dan saponin*. Proses maserasi dilakukan

selama 3×24 jam dengan perbandingan bahan dan pelarut 1:7, dilanjutkan dengan remaserasi, kemudian pemekatan menggunakan rotary evaporator dan water bath pada suhu 60°C, sehingga diperoleh ekstrak kental dengan rendemen 12,29%, yang memenuhi persyaratan Farmakope Herbal Indonesia (>10%). Penelitian ini relevan dengan penelitian yang dilakukan karena sama-sama menggunakan ekstraksi etanol kulit manggis untuk memperoleh senyawa antibakteri alami, serta menjadi dasar pemilihan metode ekstraksi dan jenis pelarut pada penelitian ini yang akan diaplikasikan sebagai agen antibakteri pada *bio-film absorbent* pembalut wanita berbasis serat pelepah pisang dan natrium alginat.

3. Penelitian berjudul "*Pengembangan pembalut bunga telang berbasis nanotechnology dan akurasi dalam deteksi dini ketuban pecah dini*" yang dilakukan oleh Miraningtyas, A., Wijayanti, K., & Isnawati, M. (2024) menunjukkan bahwa pembalut berbahan alam yang diuji kemampuan serapnya berdasarkan metode SNI 16-6363-2000, dengan hasil mencapai 10,352 kali daya serap dari bobot awal sehingga memenuhi persyaratan standar pembalut wanita di Indonesia. Selain itu, dilakukan uji bakteri dengan metode perhitungan koloni pada media agar, dan hasil menunjukkan 39 koloni yang masih berada di bawah batas aman menurut standar USP, sehingga pembalut dinilai layak secara higienis. Penelitian ini relevan karena menunjukkan pentingnya pengujian daya serap SNI dan higienitas bakteri pada material pembalut berbasis bahan alami, yang juga diterapkan dalam penelitian ini.
4. Penelitian berjudul "*Analisis sifat fisika dan biologi pada pembalut sekali pakai dan pembalut pakai ulang*" yang dilakukan oleh Cut Masyithah T., & Mariyanti. (2024) menunjukkan bahwa performa pembalut berbahan organik dan nonorganik melalui serangkaian pengujian fisik dan biologi, meliputi uji ketebalan, daya serap mengikuti metode SNI 16-6363-2000, uji biodegradabilitas dengan penguburan sampel dalam tanah selama 14 hari, serta uji antibakteri menggunakan

metode difusi agar terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembalut organik memiliki kapasitas penyerapan cairan yang memenuhi standar SNI, memiliki daya urai lebih baik dibandingkan pembalut sintetis, serta menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih efektif terhadap *S. aureus* daripada *E. coli*. Penelitian ini relevan dengan penelitian yang dilakukan karena sama-sama berfokus pada pengembangan pembalut ramah lingkungan dengan kinerja absorpsi yang baik dan keamanan mikrobiologis yang terjamin. Perbedaannya terletak pada inovasi penggunaan serat pelepah pisang dan natrium alginat sebagai material penyerap, serta ekstrak kulit manggis sebagai agen antibakteri alami, sehingga diharapkan dapat menghasilkan material pembalut dengan kemampuan serap yang tinggi, aktivitas antibakteri, dan biodegradabilitas lebih optimal

5. Penelitian berjudul "*Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Kulit Buah Manggis (Garcinia mangostana Linn.) Terhadap bakteri Staphylococcus Aureus*" yang dilakukan oleh Wijaya, Fransiska, J., & Azti, N. M. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan *Staphylococcus aureus* sebagai bakteri uji utama karena bakteri ini merupakan flora normal kulit yang sering ditemukan berkembang biak pada kondisi lembap seperti pada pembalut wanita, dan menjadi penyebab bau tidak sedap, iritasi kulit, serta infeksi pada area kewanitaan. Selain itu, *S. aureus* termasuk bakteri Gram positif dengan dinding sel tebal peptidoglikan, sehingga sering digunakan sebagai indikator efektivitas antibakteri pada produk kesehatan berbasis serat atau polimer. Hasil penelitian menunjukkan ekstrak kulit manggis mampu membentuk zona hambat terhadap *S. aureus* dengan peningkatan diameter seiring kenaikan konsentrasi ekstrak, sehingga mengonfirmasi bahwa senyawa fenolik dalam kulit manggis, terutama xanthone, efektif menghambat bakteri penyebab infeksi kulit tersebut. Relevansi penelitian ini terhadap studi yang dilakukan terletak pada kesamaan aplikasi produk *hygiene* yang melekat pada kulit, sehingga *S. aureus*

merupakan bakteri target yang tepat untuk menguji kemampuan antibakteri *bio-film absorbent* berbasis serat pelepah pisang dan natrium alginat dengan *finishing* ekstrak kulit manggis.

6. Penelitian berjudul *"Pembuatan Superabsorbent Dari Akrilamida dan Selulosa Serat Daun Mahkota Nanas Dengan Inisiator Amonium Persulfat"* yang dilakukan oleh Susmanto et al. (2023) menunjukkan bahwa penambahan 10% selulosa menghasilkan kapasitas penyerapan air tertinggi, mencapai 665,7 g/g, serta rasio *swelling* yang optimal. Penelitian ini relevan dengan penelitian yang dilakukan karena sama-sama mengkaji pengembangan material *superabsorbent* berbasis biopolimer alami untuk meningkatkan kemampuan penyerapan dan sifat ramah lingkungan, meskipun bahan yang digunakan berbeda yaitu serat pisang dan natrium alginat.
7. Penelitian berjudul "*Superabsorbent derived from cassava waste pulp"* yang dilakukan oleh Mas'ud et al. (2013) menunjukkan bahwa *superabsorbent* dari ampas singkong memiliki kemampuan penyerapan air mencapai 72,5 g/g dengan struktur pori yang seragam dan sifat *biodegradable* yang baik. Penelitian ini relevan dengan penelitian yang dilakukan karena sama-sama mengkaji pengembangan *superabsorben*t berbasis bahan alam yang ramah lingkungan, meskipun bahan dasar yang digunakan berbeda pada penelitian ini menggunakan serat pisang dan natrium alginat untuk menghasilkan *superabsorbent biopolimer* yang juga bersifat mudah terurai serta aman digunakan pada aplikasi produk higienis.
8. Penelitian berjudul "*Study on Preparation and Application of Banana Fiber-Based Composites*" yang dilakukan oleh Yuxin Fan (2023) menunjukkan bahwa pemanfaatan serat pisang sebagai bahan komposit ramah lingkungan. Penelitian ini menyoroti karakteristik fisik dan mekanik serat pisang yang bersifat *biodegradable*, memiliki daya serap air tinggi, serta ketahanan aus yang baik. Serat pisang dapat digunakan sebagai bahan penguat dalam komposit termoplastik maupun termoset

dengan kekuatan tarik dan elastisitas yang tinggi. Penelitian ini relevan karena serat pisang juga digunakan dalam penelitian ini sebagai bahan utama pengembangan *biopolimer superabsorbent*.

9. Penelitian berjudul "*Synthesis and Characterization of Superabsorbent Polymer (SAP) based on Starch and Acrylic Acid*" yang dilakukan oleh Laksanawati, Mahreni, dan Kurniasih (2018) menunjukkan bahwa *superabsorbent polimer (SAP)* berbasis pati dan asam akrilat melalui metode *graft copolymerization*. Variasi konsentrasi *crosslinker* menunjukkan hasil optimum pada 1,5% MBA dengan kapasitas serap air 241,11 g/g. Penelitian ini relevan karena menekankan pentingnya optimasi kadar *crosslinker* untuk meningkatkan daya serap *superabsorbent* berbahan alami.
10. Penelitian berjudul *"Sintesis dan Karakterisasi Superabsorbent Polimer Berbasis Karboksimetil Selulosa, Pati Sukun Termodifikasi, dan Aluminium Sulfatoktadeka Hidrat"* yang dilakukan oleh Wahyuni dan Nasution (2020) menunjukkan bahwa kombinasi Na-CMC dan pati sukun dengan variasi konsentrasi $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ menghasilkan *superabsorbent* dengan nilai kapasitas serap air (WAC) hingga 8330%. Pengujian FTIR dan SEM menunjukkan terbentuknya jaringan polimer yang kuat dan berpori halus. Relevansinya dengan penelitian ini terletak pada penggunaan bahan polimer alami dan teknik ikat silang untuk meningkatkan kemampuan penyerapan.
11. Penelitian berjudul "*Extraction of Tropical Fruit Peels and Development of HPMC Film Containing the Extracts as an Active Antibacterial Packaging Material*" yang dilakukan oleh Chaiwarit et al. (2021) menunjukkan bahwa ekstrak kulit manggis memiliki kandungan *fenolik* dan *flavonoid* tertinggi serta aktivitas antibakteri yang kuat terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli.* Penelitian ini sangat relevan karena membuktikan potensi kulit manggis sebagai agen antibakteri alami, sejalan dengan penggunaan ekstrak kulit manggis pada penelitian ini sebagai *finishing* antibakteri.

12. Penelitian berjudul "*Cellulosic Superabsorbent Production with Citric Acid Cross-Linking Method*" yang dilakukan oleh Büyüküstün et al. (2020) menunjukkan bahwa campuran selulosa dan karboksimetil selulosa (CMC) menghasilkan kapasitas serap air hingga 2616% dan daya serap larutan garam sebesar 984%. Temuan ini menunjukkan potensi *biopolymer* selulosa (seperti serat pisang) yang dikombinasikan dengan polimer anionik dan *crosslinker* alami untuk menghasilkan SAP hidrofilik berdaya serap tinggi, sehingga relevan dengan pengembangan *superabsorbent biopolimer* dari serat pisang dan natrium alginat dengan *finishing* antibakteri alami.
13. Penelitian berjudul "*Pengaruh variasi monoethanolamine dan jumlah pelapisan terhadap band gap lapis tipis CuSnO3*" yang dilakukan oleh Nengsi, S., & Sanjaya, H. (2023) menunjukkan bahwa pengembangan lapisan tipis $CuSnO_3$ melalui teknik *dip-coating*, yaitu proses pencelupan substrat ke dalam larutan sol kemudian ditarik secara perlahan sehingga terbentuk lapisan tipis yang merata pada permukaan. Tahap berikutnya adalah pengeringan dan kalsinasi untuk memperkuat struktur lapisan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah siklus pencelupan berpengaruh signifikan terhadap ketebalan dan sifat optik film; semakin banyak lapisan, semakin besar nilai band gap akibat peningkatan ketebalan lapisan. Penelitian ini menegaskan bahwa metode *dip-coating* merupakan teknik pelapisan yang efisien, ekonomis, ramah lingkungan, dan mampu menghasilkan lapisan yang seragam. Relevansi penelitian ini terhadap studi yang dilakukan terletak pada penerapan *metode dip-coating* dalam proses *finishing* ekstrak kulit manggis pada *bio-film* serat pelepah pisang–alginat agar agen antibakteri dapat terdistribusi merata pada permukaan material.
14. Penelitian berjudul "*Pembuatan masker kain berbahan poliester kapas (TC) menggunakan metode paparan plasma pijar dan coating anti bakteri dari ekstrak daun Eucalyptus globulus.*" yang dilakukan oleh Abdurrohman, Mayseptheny, R. H., Putra, V. G. V., & Mecca, A. (2025)

menunjukkan bahwa penerapan metode *finishing dip-coating* untuk melapisi kain TC dengan ekstrak daun *eucalyptus* sebagai antibakteri. Metode ini dilakukan setelah perlakuan plasma yang bertujuan meningkatkan sifat hidrofilik dan daya adhesi kain agar ekstrak dapat menempel lebih optimal. *Dip-coating* dilakukan dengan cara merendam kain dalam larutan ekstrak selama 30 menit sehingga terbentuk lapisan antibakteri pada seluruh permukaan kain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan plasma dan metode *dip-coating* memberikan zona hambat antibakteri lebih besar, membuktikan bahwa teknik ini efektif dalam mendistribusikan agen antibakteri secara merata pada substrat tekstil. Penelitian ini relevan karena mendukung penerapan metode *dip-coating* pada penelitian ini untuk *finishing* antibakteri ekstrak kulit manggis pada *bio-film* berbasis serat pelepah pisang dan natrium alginat, sehingga diharapkan menghasilkan permukaan pelapis yang merata dan fungsional sebagai material *hygiene* wanita ramah lingkungan.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Serat Pelepah Pisang *(Musa Paradisiaca L.)*

Serat pisang merupakan serat alam yang diperoleh dari pelepah batang tanaman pisang (*Musa paradisiaca*) dan dikenal memiliki kandungan selulosa tinggi, yaitu lebih dari 60%, dengan hemiselulosa sekitar 20% dan lignin kurang dari 5% sehingga bersifat kuat, fleksibel, serta mudah terurai secara hayati. Ridwan *dkk.* (2022) menjelaskan bahwa karakteristik tersebut menjadikan pelepah pisang sebagai bahan alternatif potensial pengganti kayu untuk pembuatan pulp dan produk serat alami lainnya. Sementara itu, Hidayat dan Annisa (2022) menambahkan bahwa serat pisang, khususnya dari jenis abaka, memiliki daya tarik dan ketahanan air yang baik serta struktur serat yang lentur, sehingga cocok dimanfaatkan untuk bahan tekstil dan produk ramah lingkungan. Serat pisang dapat

dikategorikan sebagai bahan serat alami berkinerja tinggi yang potensial digunakan dalam pengembangan biopolimer *superabsorbent* dan tekstil ramah lingkungan.

2.2.2. Natrium Alginat

Natrium alginat merupakan garam dari asam alginat, yaitu polisakarida alami yang diperoleh dari dinding sel rumput laut cokelat *(Sargassum sp.).* Senyawa ini memiliki struktur rantai linier panjang dari asam uronat yang bersifat mudah menyerap air, larut dalam air membentuk larutan kental atau gel, serta berfungsi sebagai bahan pengental, penstabil, dan pembentuk gel dalam berbagai industri seperti pangan, farmasi, dan tekstil. Menurut Maharani dkk. (2017), natrium alginat termasuk metabolit primer hidrokoloid yang kualitasnya dipengaruhi oleh metode ekstraksi, karena cara ekstraksi (asam atau kalsium) menentukan viskositas, rendemen, kadar air, dan kadar abu produk akhir. Dengan demikian, natrium alginat dapat dikategorikan sebagai bahan alami multifungsi yang memiliki kemampuan membentuk gel dan meningkatkan kestabilan sistem dispersi, sehingga berpotensi besar digunakan sebagai komponen pembentuk struktur dalam pengembangan biopolimer *superabsorbent* berbasis serat alam.

2.2.3. *Superabsorbent* Biopolimer

*Superabsorben*t biopolimer merupakan bahan polimer alami yang memiliki kemampuan sangat tinggi dalam menyerap dan menahan air, bersifat *biodegradable*, biokompatibel, serta tidak beracun. Menurut Mistry dkk. (2023), biopolimer jenis ini memiliki gugus hidrofilik seperti amino dan karboksil yang membentuk jaringan tiga dimensi sehingga mampu menyerap air hingga ratusan kali berat keringnya dan berfungsi sebagai alternatif ramah lingkungan pengganti *superabsorbent* berbasis petrokimia pada produk sanitasi seperti

popok dan pembalut wanita. Sementara itu, RUGC Manuscript (2020) menjelaskan bahwa *superabsorbent biopolymer* merupakan polimer alami berbasis polisakarida, seperti selulosa atau pati, yang dimodifikasi melalui proses *grafting* dan *cross-linking* untuk meningkatkan kapasitas penyerapan air serta kemampuan ikatan ion. Dengan sifatnya yang mudah terurai dan berasal dari sumber terbarukan, *superabsorbent* biopolimer memiliki potensi besar untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti produk higienis, biomedis, pertanian, dan tekstil ramah lingkungan.

2.2.4. Antibakteri Ekstrak Kulit Manggis *(Garcinia Mangostana L.)*

Buah Manggis *(Garcinia mangostana L.)* merupakan salah satu jenis tanaman obat yang sering digunakan untuk pengobatan tradisional. Kulit buah manggis *(Garcinia mangostana L.)*, yang dahulu hanya dibuang saja ternyata menyimpan sebuah harapan untuk dikembangkan sebagai kandidat obat. Kulit buah manggis setelah diteliti ternyata mengandung beberapa senyawa dengan aktivitas farmakologi. Beberapa peneliti seperti Qosim (2007) dan Mardawati et al. (2008), kulit buah manggis diketahui mengandung senyawa xanthon yang berfungsi sebagai antioksidan, antiproliferatif dan antimikrobial yang tidak ditemui pada buah buahan lainnya.

Kulit manggis mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti *xanthone, α-mangostin, flavonoid, tannin,* dan *saponin* yang diketahui memiliki aktivitas antibakteri, antioksidan, serta anti inflamasi. Senyawa α-mangostin terbukti efektif melawan bakteri Gram positif maupun Gram negatif, serta memiliki aktivitas antibakteri yang penting dalam mencegah infeksi kronis (Sultan et al., 2022). Penelitian lain juga melaporkan bahwa modifikasi semi-sintetik turunan α-mangostin meningkatkan efektivitasnya terhadap bakteri dan jamur (Narasimhan et al., 2017). Selain itu, ekstrak kulit manggis juga terbukti menghambat pertumbuhan S. aureus dan E. coli dengan

konsentrasi tertentu (Indrianingsih et al., 2019; Anggraini et al., 2022).

2.2.5. Prinsip Uji Daya Serap *(Absorbtion)*

Uji daya serap merupakan pengujian untuk mengetahui kemampuan suatu bahan dalam menyerap dan menahan cairan, terutama pada produk tekstil higienis seperti pembalut wanita, popok, dan bahan *nonwoven*. Berdasarkan SNI 8916:2020 tentang Pembalut Wanita, daya serap menjadi salah satu parameter mutu yang harus dipenuhi untuk menjamin kenyamanan, keamanan, dan fungsi penyerapan cairan tubuh pada saat pemakaian. Prinsip pengujiannya dilakukan dengan menimbang sampel dalam keadaan kering, kemudian merendamnya dalam air atau larutan uji hingga jenuh, dilanjutkan dengan penirisan ringan, lalu ditimbang kembali untuk mendapatkan berat setelah penyerapan. Nilai daya serap dihitung dari selisih berat bahan basah terhadap berat awal dalam kondisi kering. Selain itu, SNI 08-0286-1989 tentang Uji Penyerapan pada Tekstil juga menekankan pengamatan terhadap waktu penyerapan, yaitu lamanya cairan dapat terserap pada permukaan bahan. Semakin besar kapasitas penyerapan dan semakin cepat waktu serap yang dihasilkan, maka semakin baik performa bahan tersebut sebagai material penyerap dalam aplikasi produk higienis.

2.2.6. Prinsip Uji Antibakteri

Uji antibakteri merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengukur respon pertumbuhan bakteri terhadap suatu senyawa atau bahan yang diduga memiliki aktivitas antimikroba. Uji ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu bahan dalam menghambat atau membunuh *mikroorganisme*, sehingga dapat digunakan untuk menilai efektivitasnya sebagai agen antibakteri. Menurut Prawiti (2008), terdapat beberapa metode uji antibakteri, dan salah satu yang paling

umum digunakan adalah metode difusi, seperti *disc diffusion* dan sumuran. Pada metode ini, bakteri terlebih dahulu diinokulasikan ke dalam media agar, kemudian larutan antibakteri diaplikasikan pada permukaan media dalam bentuk cakram *(disc)* atau sumuran. Setelah inkubasi, aktivitas antibakteri diamati melalui zona hambat, yaitu area bening di sekitar cakram atau sumuran tempat pertumbuhan bakteri terhambat. Semakin luas zona hambat yang terbentuk, menunjukkan bahwa bahan yang diuji memiliki aktivitas antibakteri yang lebih kuat (Geo et al., 2005). Dengan demikian, uji antibakteri tidak hanya menilai keberadaan aktivitas antimikroba, tetapi juga tingkat daya hambat suatu bahan terhadap pertumbuhan bakteri.

2.2.7. Prinsip Uji Biodegradasi

Uji biodegradabilitas merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu bahan untuk terurai secara alami di lingkungan melalui aktivitas mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Dalam penelitian ini, prinsip uji biodegradabilitas dilakukan dengan menanam *(burial test)* sampel *edible film* ke dalam media tanah, kemudian diamati penurunan massa yang terjadi selama periode penguburan. Sampel awal ditimbang (W_0), kemudian dikubur dalam tanah selama beberapa hari, diangkat kembali, dibersihkan dari sisa tanah, dikeringkan, dan ditimbang kembali (Wt). Penurunan massa menunjukkan tingkat degradasi biologis yang terjadi pada bahan. Berdasarkan SNI 7188.7:2016, suatu bahan dikategorikan *biodegradable* apabila mengalami degradasi lebih dari 60% dalam kurun waktu satu minggu (Badan Standar Nasional, 2016). Hasil dalam jurnal ini menunjukkan bahwa seluruh variasi *edible film* berbasis natrium alginat dengan penambahan karaginan dan gliserol mengalami penurunan massa lebih dari 60%, sehingga telah memenuhi standar biodegradasi menurut SNI.

2.2.8. Pembalut Wanita Ramah Lingkungan

Pembalut wanita ramah lingkungan merupakan pembalut yang terbuat dari bahan-bahan alami yang dapat terurai di lingkungan, sehingga tidak menimbulkan akumulasi limbah jangka panjang. Berdasarkan Pawar et al. (2024), penggunaan serat pisang sebagai material penyerap utama pada pembalut memberi keunggulan berupa daya serap yang baik, ringan, serta bersifat *biodegradable*. Tidak seperti pembalut komersial yang mengandung bahan berbasis petrokimia dan plastik yang sulit terurai, pembalut ramah lingkungan ini dapat terdegradasi secara alami dalam tanah, sehingga lebih aman bagi lingkungan. Selain itu, pembalut ini dapat diproduksi dengan biaya rendah dari sumber daya lokal, sehingga mendukung keberlanjutan dan pemberdayaan perempuan di wilayah pedesaan.

2.3. Struktur Lapisan Pembalut Wanita / Sistem Multilayer

Gambar 2. 1 Desain Konseptual Struktur Multilayer Pembalut Wanita Berbasis Bio-film Serat Pisang dan Natrium Alginat

Gambar tersebut menunjukkan rancangan konseptual struktur pembalut wanita berbasis material alami, yang terdiri atas lapisan top sheet sebagai kontak langsung dengan kulit, distribution layer sebagai

penyebar cairan, bio-film sebagai lapisan inti penyerap berbasis serat pelepah pisang dan natrium alginat yang difinishing ekstrak kulit manggis, serta back sheet sebagai lapisan penahan kebocoran. Desain ini menunjukkan bahwa bio-film yang dikembangkan dalam penelitian ini diposisikan sebagai absorbent core dalam sistem multilayer pembalut wanita.

2.4. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis Nol (H0)

   Variasi komposisi serat pelepah pisang dan natrium alginat dengan perbedaan konsentrasi ekstrak kulit manggis tidak berpengaruh signifikan terhadap daya serap, aktivitas antibakteri, dan kemampuan biodegradabilitas *bio-film absorbent* yang dihasilkan.

2. Hipotesis Kerja/Alternatif (H1)

   Variasi komposisi serat pelepah pisang dan natrium alginat dengan perbedaan konsentrasi ekstrak kulit manggis berpengaruh signifikan terhadap daya serap, aktivitas antibakteri, dan kemampuan biodegradabilitas *bio-film absorbent* yang dihasilkan.

BAB III. METODOLOGI

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan sampel dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Proses Kimia Tekstil dan Teknologi Nano, Laboratorium Tekstil Fungsional, serta Laboratorium Penelitian Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, dengan mempertimbangkan kesesuaian fasilitas dan peralatan yang tersedia pada masing-masing laboratorium. Laboratorium Proses Kimia Tekstil dan Teknologi Nano digunakan untuk tahap preparasi dan formulasi bio-film karena dilengkapi dengan peralatan dasar laboratorium kimia seperti gelas beker, gelas ukur, *hot plate stirrer*, dan cawan petri yang mendukung proses pencampuran serta pengolahan bahan. Laboratorium Tekstil Fungsional dimanfaatkan untuk proses pengeringan menggunakan oven vakum guna mengurangi kadar air secara optimal tanpa merusak struktur material. Sementara itu, Laboratorium Penelitian Teknik Kimia digunakan untuk proses ekstraksi kulit manggis dengan *bantuan rotary evaporator* yang memungkinkan pemekatan ekstrak secara efisien dan terkendali sehingga senyawa aktif tetap terjaga kestabilannya.
2. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Rekayasa Tekstil, Laboratorium Instrumental Terpadu UII, dan Labororatorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gajah Mada (LPPT UGM). Pemilihan Laboratorium Instrumental Terpadu UII untuk melakukan uji FTIR karena pengujian tersebut memerlukan instrumen spektrofotometer FTIR-ATR yang hanya tersedia di laboratorium tersebut. Sementara itu, pengujian aktivitas antibakteri dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gadjah Mada (LPPT UGM) karena fasilitas uji mikrobiologi (dalam bentuk padatan), khususnya pengujian terhadap *Staphylococcus aureus*, belum tersedia di laboratorium UII.

Adapun penelitian ini dilaksanakan selama (3) tiga bulan, yaitu sejak bulan Oktober 2025 hingga Desember 2025.

3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kulit manggis kering yang diperoleh secara *online* dari CV Temu Kenongo Boyolali.

Gambar 3. 1 Kulit Manggis Kering

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2. Serat pelepah pisang kering yang diperoleh dari Subang

Gambar 3. 2 Serat Pelepah Pisang

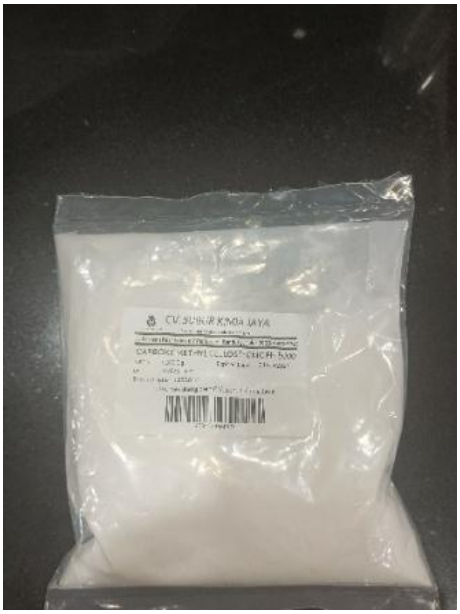
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. Natrium alginat (Na-alginat) yang diperoleh secara *online* dari CV Subur Kimia Jaya Semarang.

Gambar 3. 3 Natrium Alginat

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4. *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) yang diperoleh secara *online* dari CV Subur Kimia Jaya Semarang..



Gambar 3. 4 Carboxymethyl Cellulose (CMC)

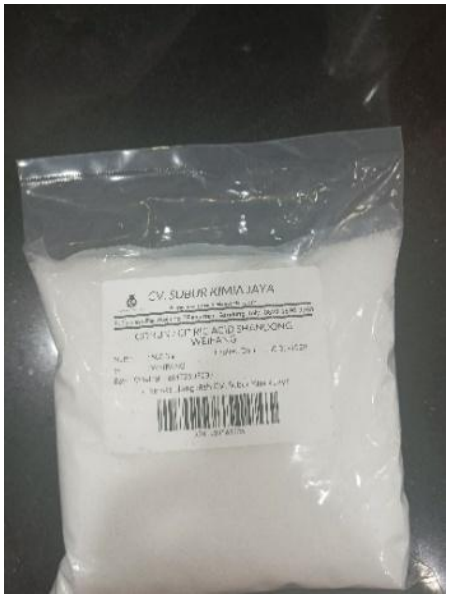
Sumber: Dokumentasi Pribadi

5. Gliserol ($C_3H_8O_3$) yang diperoleh secara *online* dari CV Subur Kimia Jaya Semarang.

Gambar 3. 5 Gliserol

Sumber: Dokumentasi Pribadi

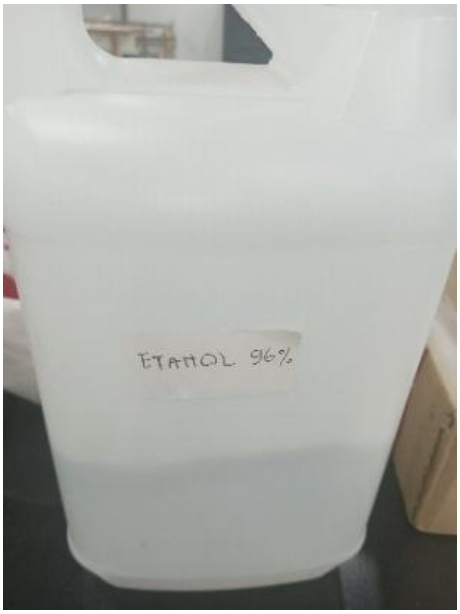
6. Asam sitrat ($C_6H_8O_7$) yang diperoleh secara *online* dari CV Subur Kimia Jaya Semarang.



Gambar 3. 6 Asam Sitrat

Sumber: Dokumentasi Pribadi

7. Etanol 96% yang diperoleh dari CV Progo Mulyo Yogyakarta.



Gambar 3. 7 Etanol 96%

Sumber: Dokumentasi Pribadi

8. Larutan NaOH 10% yang diperoleh secara *online* dari Permata Anugerah *Chemistry*.

Gambar 3. 8 Larutan NaOH 10%

Sumber: Dokumentasi Pribadi

9. Aquadest yang diperolehdari Sentra Bahan Kimia Laboratorium.

Gambar 3. 9 Aquadest

Sumber: Dokumentasi Pribadi

10. Darah buatan yang diperoleh secara *online* dari CV Tokoku Corp Jakarta.

Gambar 3. 10 Cairan Darah Buatan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

11. Pembalut non-gel komersial yang diperoleh dari PT Kao Indonesia.

Gambar 3. 11 Pembalut Non Gel Komersial

Sumber: Dokumentasi Pribadi

12. Pupuk EM4 yang diperoleh dari PT Songgolangit Persada Bogor.

Gambar 3. 12 Pupuk EM4

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.3 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Gelas Beaker 1000 ml

Gambar 3. 13 Gelas Beaker 1 L

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2. Gelas Beaker 500 ml

Gambar 3. 14 Gelas Beaker 500 ml

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. Gelas Beaker 250 ml

Gambar 3. 15 Gelas Beaker 250 ml

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4. Gelas Beaker 150 ml

Gambar 3. 16 Gelas Beaker 150 ml

Sumber: Dokumentasi Pribadi

5. *Hot plate magnetic stirrer*

Gambar 3. 17 Hot Plate Magnetic Stirrer

Sumber: Dokumentasi Pribadi

6. *Magnetic stirrer*

Gambar 3. 18 Magnetic Stirrer

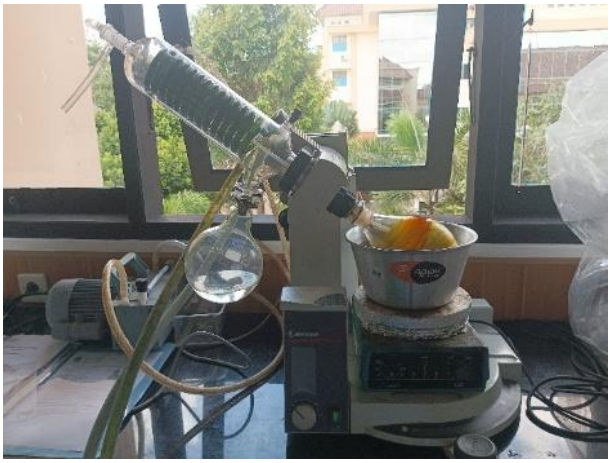
Sumber: Dokumentasi Pribadi

7. Kertas saring/filter

Gambar 3. 19 Kertas Filter

Sumber: Dokumentasi Pribadi

8. *Rotary evaporator*



Gambar 3. 20 Alat Rotary Evaporation

Sumber: Dokumentasi Pribadi

9. *Waterbath*

Gambar 3. 21 Alat Waterbath

Sumber: Dokumentasi Pribadi

10. *Amber bottle*

Gambar 3. 22 Amber Bottle

Sumber: Dokumentasi Pribadi

11. Batang pengaduk kaca

Gambar 3. 23 Pengaduk Kaca

Sumber: Dokumentasi Pribadi

12. Pengaduk besi

Gambar 3. 24 Pengaduk Besi

Sumber: Dokumentasi Pribadi

13. Saringan

Gambar 3. 25 Saringan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

14. *Oven vaccum*

Gambar 3. 26 Oven Vaccum

Sumber: Dokumentasi Pribadi

15. Timbangan analitik

Gambar 3. 27 Timbangan Analitik

Sumber: Dokumentasi Pribadi

16. Gelas ukur 10 ml

Gambar 3. 28 Gelas Ukur 10 ml

Sumber: Dokumentasi Pribadi

17. Gelas Erlenmeyer 50 ml

Gambar 3. 29 Gelas Erlenmeyer 50 ml

Sumber: Dokumentasi Pribadi

18. Gelas Erlenmeyer 100 ml

Gambar 3. 30 Gelas Erlenmeyer 100 ml

Sumber: Dokumentasi Pribadi

19. Kertas teflon

Gambar 3. 31 Kertas Teflon

Sumber: Dokumentasi Pribadi

20. Cetakan datar silikon

Gambar 3. 32 Cetakan Silikon

Sumber: Dokumentasi Pribadi

21. *Almumunium foil*

Gambar 3. 33 Alumunium Foil

Sumber: Dokumentasi Pribadi

22. Pipet

Gambar 3. 34 Pipet

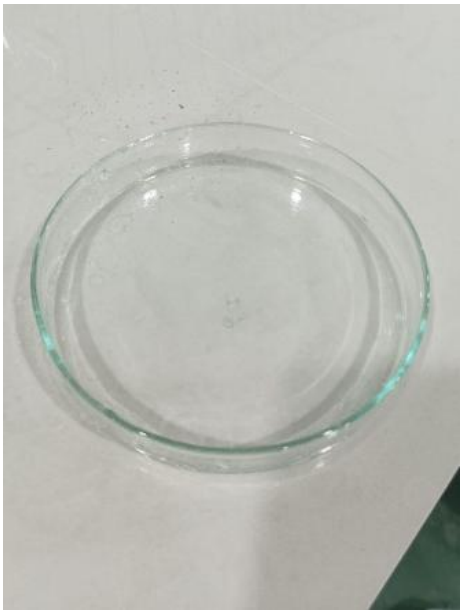
Sumber: Dokumentasi Pribadi

23. Pinset

Gambar 3. 35 Pinset

Sumber: Dokumentasi Pribadi

24. Cawan petri



Gambar 3. 36 Cawan Petri

Sumber: Dokumentasi Pribadi

25. *Polybag* 15x15 cm

Gambar 3. 37 Polybag ukuran 15X15 cm

Sumber: Dokumentasi Pribadi

26. Sekop

Gambar 3. 38 Sekop

Sumber: Dokumentasi Pribadi

27. *Thermometer*

Gambar 3. 39 Thermometer

Sumber: Dokumentasi Pribadi

28. Kertas lakmus PH

Gambar 3. 40 Kertas Lakmus PH

Sumber: Dokumentasi Pribadi

29. *Digital caliper* (jangka sorong digital)

Gambar 3. 41 Digital Caliper

Sumber: Dokumentasi Pribadi

30. FTIR *(Fourier Transform Infra Red)*

Gambar 3. 42 Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Sumber:Web Laboratorium Terpadu UII

31. Corong

Gambar 3. 43 Corong

Sumber: Dokumentasi Pribadi

32. *Mixer*

Gambar 3. 44 Mixer

Sumber: Dokumentasi Pribadi

33. Loyang oven

Gambar 3. 45 Loyang Oven

Sumber: Dokumentasi Pribadi

34. Gunting

Gambar 3. 46 Gunting

Sumber: Dokumentasi Pribadi

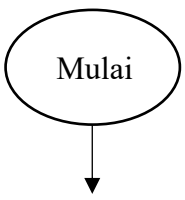
35. Penggaris

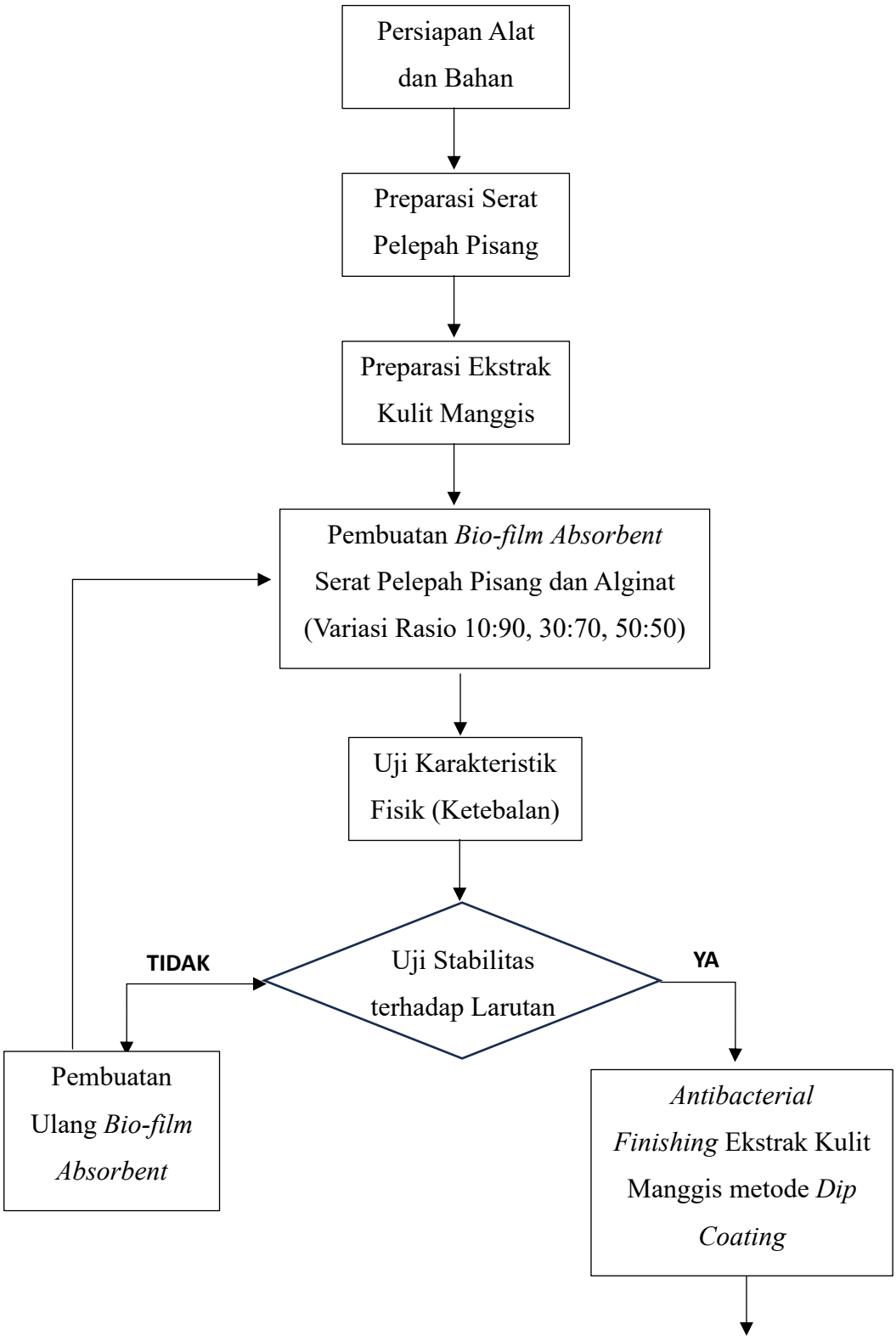
Gambar 3. 47 Penggaris

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.4 Prosedur dan Pengumpulan Data

Prosedur dan pengumpulan data dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

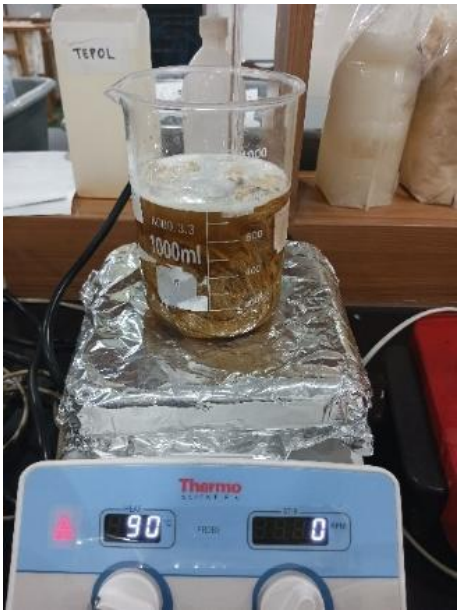



Persiapan Alat dan Bahan
Preparasi Serat Pelepah Pisang
Preparasi Ekstrak Kulit Manggis
Pembuatan *Bio-film Absorbent* Serat Pelepah Pisang dan Alginat (Variasi Rasio 10:90, 30:70, 50:50)
Uji Karakteristik Fisik (Ketebalan)
Uji Stabilitas terhadap Larutan
TIDAK
YA
Pembuatan Ulang *Bio-film Absorbent*
Antibacterial Finishing Ekstrak Kulit Manggis metode *Dip Coating*

Gambar 3. 48 Flowchart Prosedur dan Pengumpulan Data Penelitian

1. Preparasi Serat Pelepah Pisang

   Serat pelepah pisang kering terlebih dahulu dibersihkan dari debu dan kotoran yang menempel, kemudian dipotong menjadi ukuran kecil untuk mempermudah proses perendaman dan reaksi kimia. Potongan pelepah pisang selanjutnya direndam dalam larutan natrium hidroksida (NaOH) 10% (b/v) dengan perbandingan bahan dan larutan 1:7 hingga seluruh bahan terendam sempurna. Proses perendaman dilakukan pada suhu ±60 °C selama 1 jam dengan tujuan menghilangkan lignin dan hemiselulosa. Setelah perendaman, serat dibilas menggunakan aquadest hingga mencapai pH netral (±7). Serat yang telah bersih kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60–70 °C hingga kadar air rendah. Setelah kering, serat dipotong kembali dengan ukuran pendek sekitar 1–1,5 cm dan siap digunakan pada tahap selanjutnya.



Gambar 3. 49 Proses Preparasi Serap Pelepah Pisang

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2. Preparasi Ekstrak Kulit Manggis

Proses ekstraksi kulit manggis dilakukan dengan metode maserasi mengacu pada Fitriana et al. (2024). Kulit manggis kering dihaluskan hingga menjadi serbuk, kemudian sebanyak ±100 g serbuk dimaserasi menggunakan etanol 96% sebanyak 700 mL dengan perbandingan bahan dan pelarut 1:7 (b/v). Proses maserasi dilakukan pada suhu ruang selama 3 × 24 jam dengan pengadukan sesekali. Setelah itu, campuran disaring untuk memperoleh filtrat pertama, sedangkan ampas dimaserasi kembali menggunakan etanol 96% dengan prosedur yang sama selama 2 × 24 jam. Filtrat hasil re-maserasi digabungkan dengan filtrat pertama dan diuapkan menggunakan rotary evaporator pada suhu maksimal 50 °C, kemudian dilanjutkan dengan pemekatan menggunakan water bath pada suhu 60 °C hingga diperoleh ekstrak kental.

Rendemen ekstrak dihitung menggunakan persamaan:

$$Rendemen = \frac{W\ ektstrak}{Wbahan\ awal} \times 100\%$$

Ekstrak kental disimpan dalam botol kaca gelap dan selanjutnya dilarutkan menggunakan aquadest untuk menghasilkan larutan *finishing* dengan variasi konsentrasi 0%, 5%, 10%, dan 15%. Apabila ekstrak sulit larut, digunakan ±2 ml etanol sebagai pelarut awal sebelum pengenceran dengan aquadest.

Gambar 3. 50 Proses Merserasi Ekstrak Kulit Manggis

Gambar 3. 51 Pembuatan Konsentrasi ekstrak Kulit Manggis

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. Pembuatan *Bio-film Absorbent* (Serat Pisang–Natrium Alginat)

   Bio-film absorbent dibuat dari serat pelepah pisang dan natrium alginat dengan variasi rasio 10:90, 30:70, dan 50:50. Larutan natrium alginat disiapkan dalam 500 mL aquadest pada suhu ±60 °C hingga homogen, kemudian ditambahkan CMC 10 g sebagai pengental dan gliserol 7,5 g (15% dari total padatan) sebagai *plasticizer*. Serat pisang yang telah dipreparasi didispersikan dalam ±5 ml aquadest lalu dicampurkan ke dalam larutan sambil diaduk perlahan. Selanjutnya ditambahkan asam sitrat 7,5 g (15% dari total padatan) sebagai *crosslinker* sebelum campuran dituangkan ke dalam cetakan silikon yang dilapisi kertas minyak dan diratakan. Film dikeringkan dalam oven pada suhu 60–75 °C

hingga membentuk lembaran, kemudian dilakukan proses *curing* pada suhu 110 °C selama 10–15 menit untuk memperkuat ikatan ester. Setelah pendinginan dan pengeringan hingga berat konstan, *bio-film* dipotong sesuai ukuran pengujian dan disimpan dalam wadah tertutup sebelum proses *finishing* antibakteri.

Gambar 3. 52 Pembuatan Rasio Bio-Film Absorbent

Gambar 3. 53 Pencetakan Lembaran Bio-Film Absorbent

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 3. 54 Hasil Bentuk dan Struktur Bio-Film Absorbent

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4. Uji Karakteristik Fisik (Ketebalan)

   Pengukuran ketebalan *bio-film absorbent* dilakukan sebelum *finishing* antibakteri untuk memastikan keseragaman struktur film. Ketebalan diukur menggunakan jangka sorong digital dengan ketelitian ±0,0001 mm pada 10 titik berbeda di setiap sampel berdasarkan metode Masyitah Cut dan Mariyanti (2024). Nilai rata-rata ketebalan dicatat sebagai karakteristik fisik awal material.

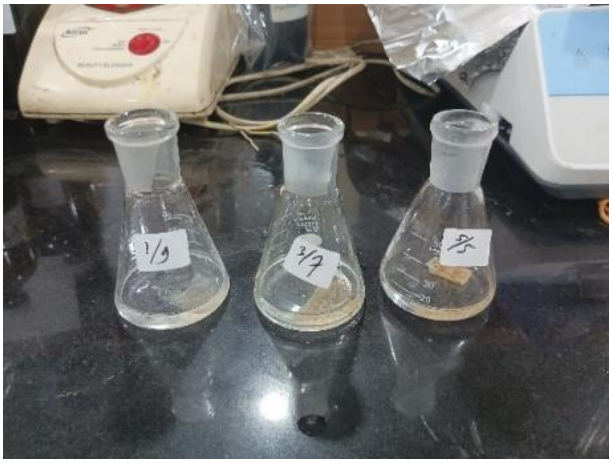
Gambar 3. 55 Proses Uji Ketebalan Fisik Bio-Film Absorbent

Sumber: Dokumentasi Pribadi

5. Uji Stabilitas terhadap Larutan

   Uji stabilitas terhadap larutan dilakukan untuk memastikan *bio-film absorbent* tidak mudah terlarut selama proses *finishing dip-coating*. Sampel ditimbang untuk memperoleh massa awal (W_0), kemudian direndam dalam campuran etanol 96% dan aquadest (2:8 v/v) 30 menit pada suhu ruang. Setelah direndam, sampel dikeringkan menggunakan oven dan ditimbang kembali untuk memperoleh massa akhir (W_1). Stabilitas film dihitung menggunakan persamaan:

$$\%\ Stabilitas = \frac{W1 - \mathrm{W0}}{W0} \times 100\%$$



Gambar 3. 56 Proses Uji Stabilitas Terhadap Larutan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

6. *Antibacterial Finishing* Ekstrak Kulit Manggis *(Dip Coating)*

   Finishing antibakteri dilakukan dengan metode dip-coating mengacu pada Abdurrohman et al. (2025). Ekstrak kulit manggis diformulasikan dalam konsentrasi 0%, 5%, 10%, dan 15% (b/v) dengan melarutkan ekstrak pada ±2 ml etanol 96% kemudian diencerkan menggunakan aquadest hingga homogen. *Bio-film absorbent* yang telah melalui proses curing ditimbang sebagai massa awal, kemudian dicelupkan ke dalam larutan ekstrak selama ±30 menit pada kecepatan pengadukan rendah agar lapisan merata. Sampel ditiriskan ±10–15 menit dan dikeringkan dalam oven pada suhu ±60 °C selama ±1 jam hingga pelarut menguap sempurna. Setelah kering, sampel ditimbang kembali sebagai massa akhir dan disimpan dalam wadah tertutup hingga tahap pengujian selanjutnya. Perubahan massa dihitung menggunakan persamaan:

$$\%Perubahan\ Massa = \frac{W1 - \mathrm{W0}}{W0} \times 100\%$$

Gambar 3. 57 Proses Finishing Antibakteri Dip Coating

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 3. 58 Sampel Bio-film Hasil Finishing Antibaktei Ekstrak Kulit Manggis

Sumber: Dokumentasi Pribadi

7. Uji Karakteristik Fisik (Kadar PH)

   Uji kadar pH dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman *bio-film absorbent* setelah proses *finishing* antibakteri menggunakan ekstrak kulit manggis yang bersifat asam lemah, sehingga dapat dipastikan bahwa larutan *finishing* benar-benar terserap pada permukaan sampel.

Pengukuran dilakukan segera setelah sampel diangkat dan ditiriskan dari proses perendaman (dip-coating), dalam keadaan film masih lembab. Kertas lakmus pH ditempelkan secara langsung pada permukaan sampel dan dibiarkan hingga terjadi perubahan warna stabil. Warna yang muncul kemudian dicocokkan dengan skala pH standar untuk menentukan nilai pH permukaan film. Pengujian dilakukan pada tiga titik berbeda untuk setiap variasi konsentrasi *finishing* (5%, 10%, dan 15%) sehingga diperoleh nilai pH rata-rata sebagai indikator keamanan material untuk aplikasi *hygiene* wanita.

Gambar 3. 59 Proses Uji Kadar pH

Sumber: Dokumentasi Pribadi

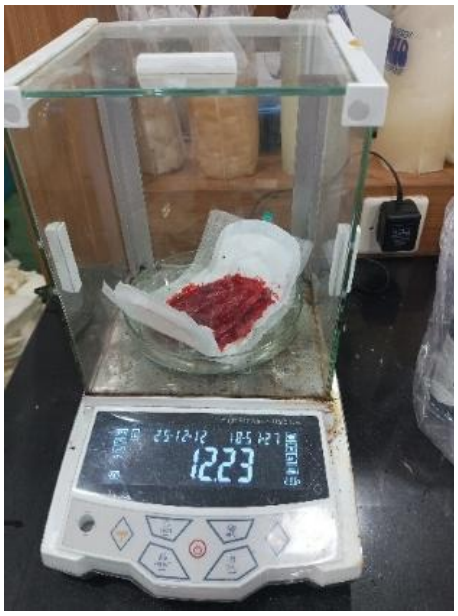
8. Uji Daya Serap *(In-Vitro)*

Uji daya serap cairan dilakukan untuk mengetahui kemampuan *bio-film absorbent* menyerap darah buatan sebagai simulasi cairan menstruasi, mengacu pada SNI 16-6363-2000 tentang Pembalut Wanita serta Miraningtyas (2024), di mana daya serap minimal harus ≥ 10 × berat awal. Sampel *bio-film* di*finishing* dipotong ukuran 2,5 × 8 cm lalu ditimbang untuk memperoleh massa awal (W_0) dan ditempatkan pada

lapisan dalam pembalut konvensional. Darah buatan diteteskan secara bertahap (5 mL per tahap) hingga cairan tidak lagi terserap dan mulai menumpuk di permukaan. Setelah ±1 menit untuk memastikan serapan maksimal, sampel ditimbang kembali untuk mendapatkan massa setelah serapan (W_t). Kapasitas serap dihitung dengan persamaan:

$$Kapasitas\ Daya\ Serap = \frac{W1}{W0}$$

Gambar 3. 60 Kenampakan Bio-Film setelah penyerapan cairan



Gambar 3. 61 Proses Uji Daya Serap

Sumber: Dokumentasi Pribadi

9. Uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Uji FTIR-ATR dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan gugus fungsi aktif pada *bio-film absorbent* setelah proses *finishing* antibakteri menggunakan ekstrak kulit manggis. Pengujian difokuskan untuk memastikan adsorpsi senyawa fenolik dari kulit manggis pada permukaan *bio-film*, karena senyawa tersebut berperan sebagai agen antibakteri alami. Sampel yang telah di*finishing* dipotong berukuran kecil 2x2 cm kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer FTIR-ATR pada rentang bilangan gelombang 4000–400 cm^{-1}.

10. Uji Aktivitas Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri dilakukan untuk mengetahui *efektivitas bio-film absorbent* yang di*finishing* dengan ekstrak kulit manggis terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Pengujian difokuskan pada sampel dengan rasio serat pelepah pisang:natrium alginat 50:50 dengan variasi konsentrasi ekstrak 5%, 10%, dan 15%. Metode yang digunakan adalah difusi cakram pada media *Mueller Hinton Agar (MHA).* Suspensi bakteri *Staphylococcus aureus* diinokulasikan pada media MHA steril, kemudian cakram atau area uji berdiameter ±6 mm diberi sampel *bio-film.* Pelarut ekstrak atau akuades steril digunakan sebagai kontrol negatif dan antibiotik sebagai kontrol positif. Selanjutnya, media diinkubasi pada suhu 35–37 °C selama 18–24 jam, dan aktivitas antibakteri ditentukan berdasarkan diameter zona hambat (zona bening) yang terbentuk di sekitar area uji.

Gambar 3. 62 Proses Uji Antibakteri

Sumber: Google

11. Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan *bio-film absorbent* terurai di media tanah. Sampel yang telah difinishing ditimbang sebagai massa awal, kemudian dikubur dalam polybag berisi

campuran tanah dan pupuk EM4 selama 14 hari pada kedalaman ±5 cm. Setelah itu, sampel diambil kembali, dibersihkan secara ringan, dan ditimbang sebagai massa akhir. Persentase penurunan massa digunakan sebagai indikator tingkat biodegradasi.

$$\%\ Perubahan\ Massa = \frac{W1 - \mathrm{W0}}{W0} \times 100\%$$

Gambar 3. 63 Proses Uji Biodegradasi

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.5 Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Cara Pengolahan Data

   Data yang diperoleh dari seluruh pengujian yang meliputi perubahan massa akibat *finishing,* ketebalan *bio-film*, nilai pH permukaan, daya serap cairan, penurunan massa pada uji biodegradasi, zona hambat pertumbuhan bakteri, serta spektrum FTIR-ATR dicatat dalam bentuk tabel. Nilai rata-rata dari masing-masing parameter dihitung untuk setiap variasi perlakuan sebagai hasil akhir pengujian.

2. Cara Interpretasi Data

Interpretasi data dilakukan dengan membandingkan hasil antar variasi rasio serat pisang–alginat dan konsentrasi *finishing* antibakteri untuk menentukan pengaruh perlakuan. Penilaian juga mengacu pada standar mutu pembalut wanita SNI 16-6363-2000, khususnya pada uji daya serap. Data uji antibakteri dianalisis berdasarkan besarnya zona hambat pertumbuhan bakteri sebagai indikator efektivitas senyawa aktif kulit manggis. Hasil FTIR-ATR digunakan untuk mengkonfirmasi keberadaan gugus fenolik yang berperan sebagai antibakteri, sedangkan hasil uji biodegradasi menunjukkan kemampuan sampel terurai di lingkungan. Secara keseluruhan interpretasi digunakan untuk menentukan formulasi *bio-film* terbaik sebagai material *absorbent* ramah lingkungan.

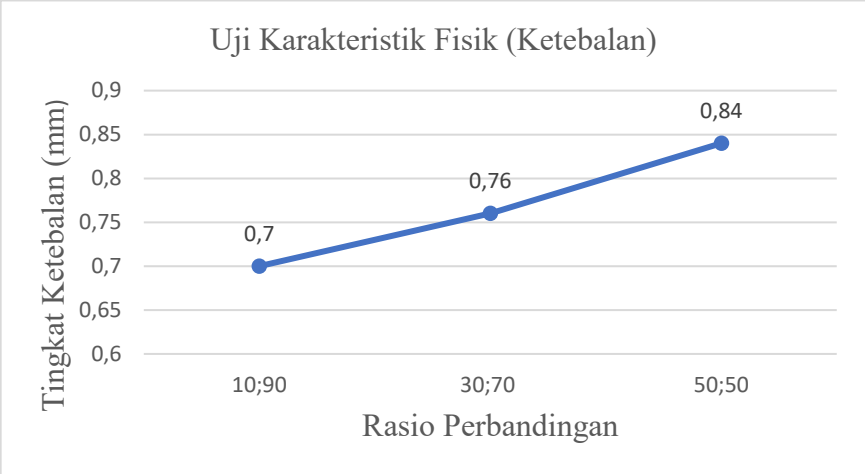
3. Metode Statistik

   Uji statistik dilakukan untuk mengetahui signifikansi pengaruh variasi rasio serat pelepah pisang–natrium alginat dan konsentrasi ekstrak kulit manggis terhadap hasil pengujian utama, yaitu uji daya serap cairan, uji aktivitas antibakteri, dan uji biodegradasi. Analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak R dengan metode ANOVA satu arah pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Hasil uji statistik digunakan untuk menentukan apakah perbedaan antar perlakuan menunjukkan pengaruh yang signifikan atau tidak signifikan secara statistik.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

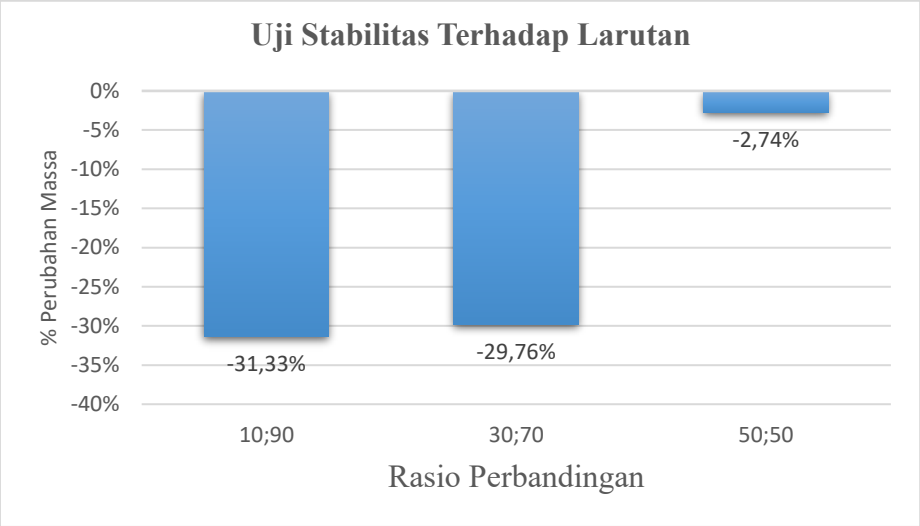
4.1.1. Uji Karakteristik Fisik (Ketebalan)



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Uji Karakteristik Fisik (Ketebalan)

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai ketebalan rata-rata *bio-film absorbent* berturut-turut sebesar 0,70 mm untuk rasio 10:90, 0,76 mm untuk rasio 30:70, dan 0,84 mm untuk rasio 50:50. Hasil tersebut menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan ketebalan *bio-film* seiring dengan bertambahnya fraksi serat pelepah pisang dalam matriks biopolimer.

4.1.2. Uji Stabilitas Terhadap Larutan



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Uji Stabilitas Terhadap Larutan

Berdasarkan hasil pengujian, sampel dengan rasio serat pisang:alginat 10:90 menunjukkan nilai stabilitas sebesar −31,33%. Sementara itu, sampel dengan rasio 30:70 dan 50:50 masing-masing menunjukkan nilai stabilitas negatif sebesar −29,76% dan −2,74%, yang menandakan terjadinya penurunan massa sampel setelah perendaman dalam larutan.

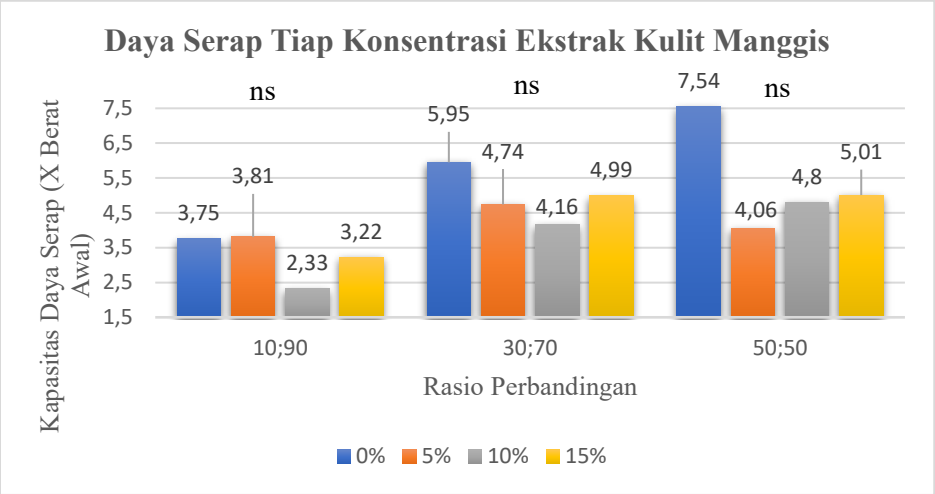
4.1.3. Uji Karakteristik Fisik (Kadar PH)

Rasio	5%	10%	15%
10:90	4	4	4
30:70	4	4	4
50:50	4	4	4

Tabel 4. 1 Tabel Hasil Uji Karakteristik Fisik (Kadar PH)

Berdasarkan hasil pengujian, seluruh sampel pada berbagai rasio serat pisang:alginat dan variasi konsentrasi *finishing* menunjukkan nilai pH yang sama, yaitu pH 4.

4.1.4. Uji Daya Serap *(In-Vitro)*



ns = tidak berbeda signifikan antar rasio (p > 0,05)

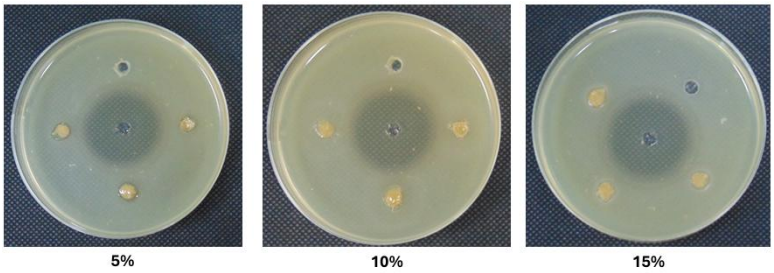
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Uji Daya Serap (Absorbsi)

Berdasarkan hasil pengujian daya serap, pada rasio serat pisang:alginat 10:90 diperoleh nilai kapasitas daya serap berturut-turut sebesar 3,75 kali pada konsentrasi ekstrak 0%, 3,81 kali pada 5%, 2,33 kali pada 10%, dan 3,22 kali pada 15%.

Pada rasio 30:70, kapasitas daya serap yang diperoleh yaitu 5,95 kali pada konsentrasi 0%, 4,74 kali pada 5%, 4,16 kali pada 10%, dan 4,99 kali pada 15%. Terlihat adanya penurunan daya serap setelah proses *finishing*, namun pada konsentrasi 15% terjadi peningkatan kembali yang mengindikasikan bahwa struktur *bio-film* masih mampu menahan cairan secara efektif.

Sementara itu, pada rasio 50:50 diperoleh nilai daya serap tertinggi dibandingkan rasio lainnya, yaitu 7,54 kali pada konsentrasi 0%, 4,06 kali pada 5%, 4,80 kali pada 10%, dan 5,01 kali pada 15%.

4.1.5. Uji Aktivitas Antibakteri *(S. Aureus)*



Gambar 4. 4 Zona Hambat Uji Antibakteri

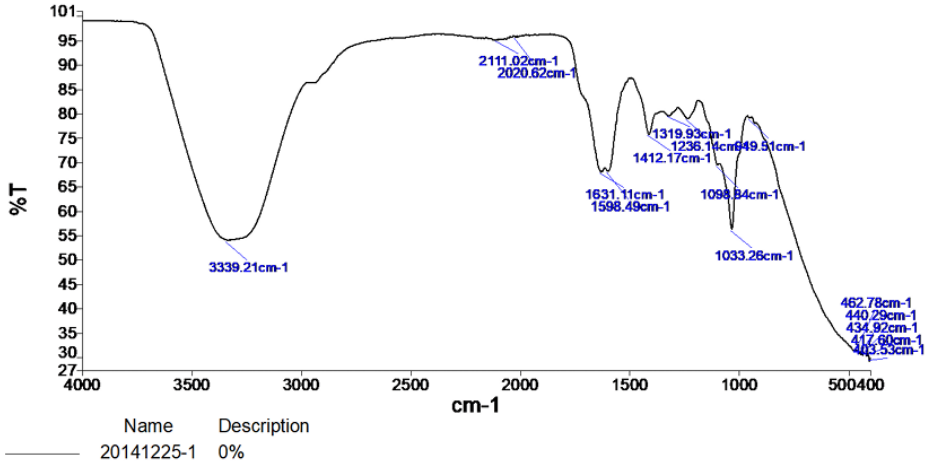
Sumber: LPPT UGM

Konsentrasi Ekstrak Kulit Manggis	Rerata Diamater Zona Bening (mm)
5%	7,5
10%	8,7
15%	9,3*
* berbeda signifikan terhadap konsentrasi 5% ($p < 0,05$)	

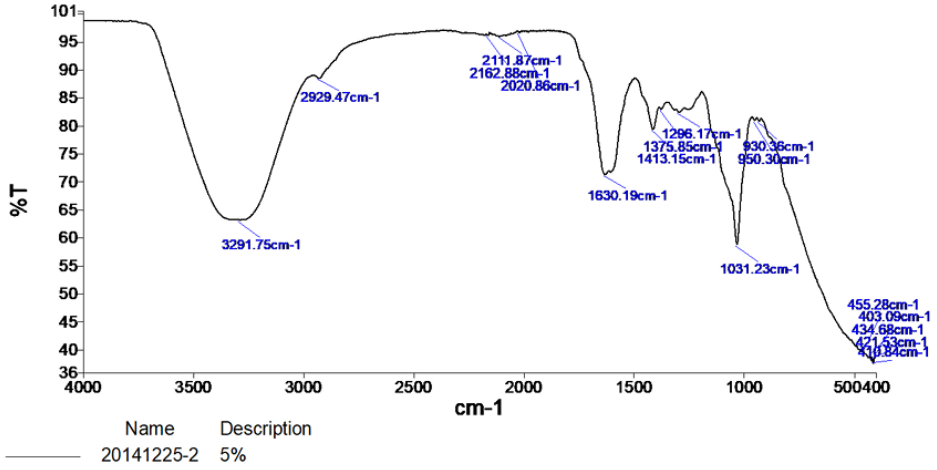
Tabel 4. 2 Hasil Uji Aktivitas Antibakteri S.Aureus

Berdasarkan hasil uji aktivitas antibakteri dengan metode difusi cakram terhadap *Staphylococcus aureus*, *bio-film absorbent* dengan rasio serat pelepah pisang:alginat 50:50 menghasilkan rerata diameter zona bening sebesar 7,5 mm pada konsentrasi ekstrak kulit manggis 5%, 8,7 mm pada konsentrasi 10%, dan 9,3 mm pada konsentrasi 15%. Pengujian dilakukan pada rasio 50:50 karena rasio tersebut memiliki daya serap tertinggi.

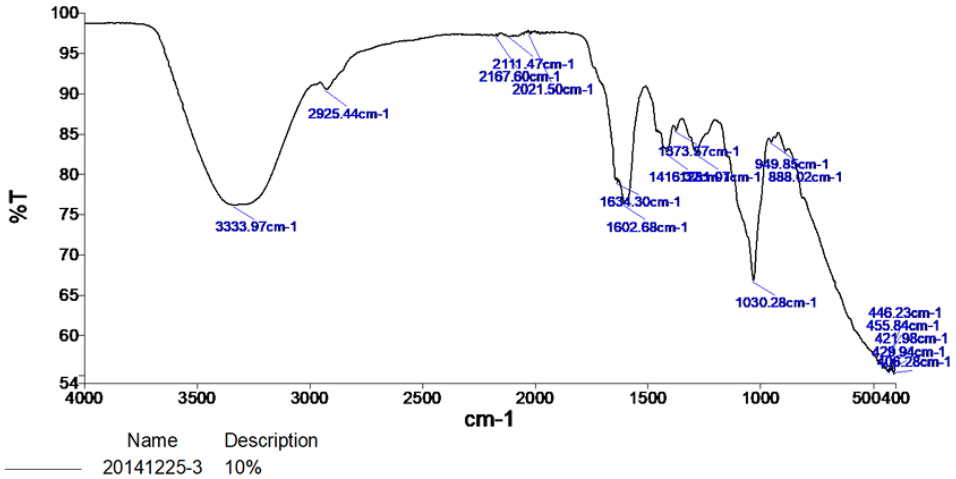
4.1.6. Uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR)



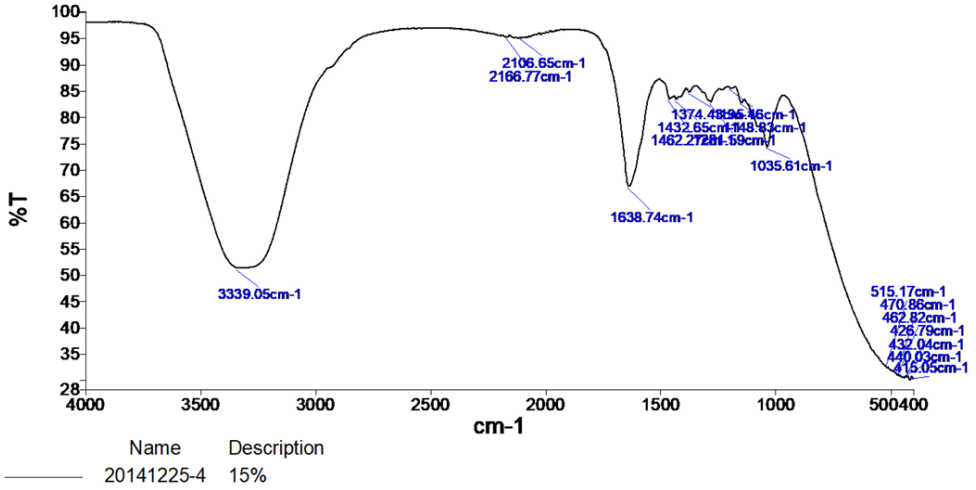
Gambar 4. 5 Spektrum Hasil Uji FTIR Konsentrasi 0%



Gambar 4. 6 Spektrum Hasil Uji FTIR Konsentrasi 5%



Gambar 4. 7 Spektrum Hasil Uji FTIR Konsentrasi 10%



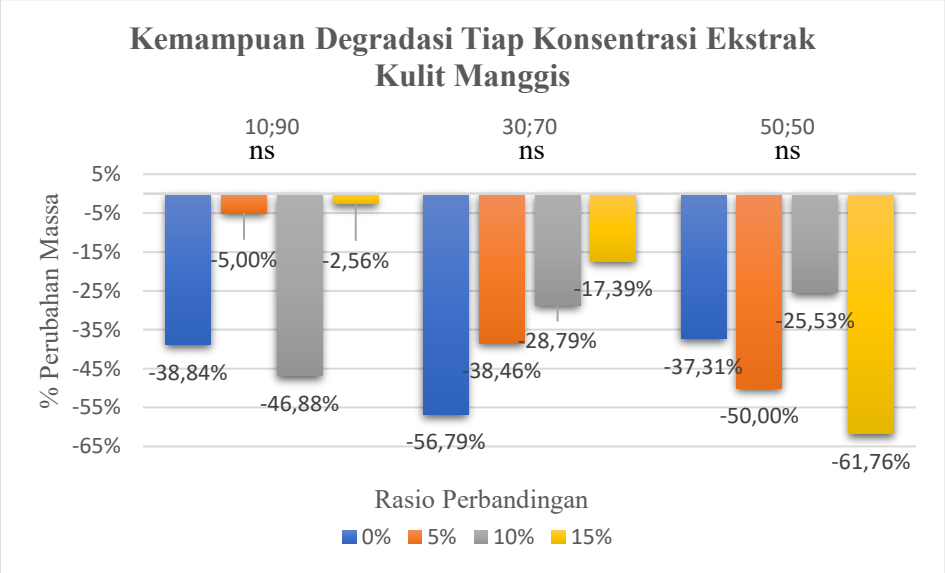
Gambar 4. 8 Spektrum Hasil Uji FTIR Konsentrasi 15%

Gugus Fungsi	X cm^{-1}				Sumber Material
	0%	5%	10%	15%	
–OH(hidroksil)	3339.21	3291.75	3333.97	3339.05	Selulosa serat pisang, alginat, gliserol, fenolik ekstrak manggis, asam sitrat
C–H alifatik	-	2929.47	2925.44	-	Selulosa, gliserol, Alginat, CMC, Fenolik Ekstrak Manggis
COO^- asimetris	1631.11	1630.19	1634.30	1638.74	Natrium alginat, CMC, *Xanthone* Ekstrak Manggis, asam sitrat
COO^- simetris	1412.17	1413.15	1416.32	1432.65	Natrium alginat, CMC, asam sitrat
C=C aromatik	1598.49	-	1602.68	-	*Flavonoid/xanthone* ekstrak manggis
C–O fenolik	-	-	1281.07	1281.59	Senyawa aktif manggis
C–O–C / C–O alkohol	1033.26	1031.23	1030.28	1035.61	Selulosa, CMC, alginat

Tabel 4. 3 Daftar Gugus Fungsi Hasil Uji FTIR

Berdasarkan hasil pengujian FTIR, *bio-film absorbent* pada rasio serat pisang:alginat 50:50 menunjukkan keberadaan gugus fungsi utama berupa –OH (hidroksil), COO^- asimetris dan simetris, C–O, serta C=C aromatik yang mengindikasikan adanya selulosa serat pisang, natrium alginat, dan senyawa fenolik ekstrak kulit manggis. Gugus C–H alifatik terdeteksi pada konsentrasi ekstrak 5% dan 10%, namun tidak teramati pada konsentrasi 0% dan 15%. Sementara itu, gugus C=C aromatik terdeteksi pada konsentrasi 0% dan 10%, tetapi tidak teramati pada konsentrasi 5% dan 15%.

4.1.7. Uji Biodegradasi



ns = tidak berbeda signifikan antar rasio (p > 0,05)

Gambar 4. 9 Grafik Hasil Uji Biodegradasi

Berdasarkan hasil pengujian biodegradasi, pada rasio serat pisang:alginat 10:90 diperoleh persentase perubahan massa berturut-turut sebesar −38,84% pada konsentrasi ekstrak 0%, −5,00% pada konsentrasi 5%, −46,88% pada konsentrasi 10%, dan −2,56% pada konsentrasi 15%. Pada rasio 30:70, persentase perubahan massa yang diperoleh masing-masing sebesar −56,79% pada konsentrasi 0%, −38,46% pada konsentrasi 5%, −28,79% pada konsentrasi 10%, dan

−17,39% pada konsentrasi 15%. Sementara itu, pada rasio 50:50 diperoleh persentase perubahan massa sebesar −37,31% pada konsentrasi ekstrak 0%, −50,00% pada konsentrasi 5%, −25,53% pada konsentrasi 10%, dan −61,76% pada konsentrasi 15%. Angka persen negatif pada uji biodegradasi menunjukkan terjadinya penurunan massa sampel setelah proses penguburan dibandingkan dengan massa awal sebelum pengujian.

4.2. Pembahasan

4.2.1. Uji Karakteristik Fisik (Ketebalan)

Berdasarkan grafik hasil uji ketebalan, terlihat bahwa ketebalan *bio-film absorbent* meningkat seiring dengan bertambahnya fraksi serat pelepah pisang dalam komposisi material. *Bio-film* dengan rasio serat pelepah pisang : alginat 10:90 memiliki ketebalan rata-rata sebesar 0,70 mm, sedangkan pada rasio 30:70 dan 50:50 masing-masing menunjukan peningkatan ketebalan menjadi 0,76 mm dan 0,84 mm. Hal ini menunjukan bahwa peningkatan fraksi (volume) serat pelepah pisang dalam matriks biopolimer secara langsung berpengaruh terhadap bertambahnya ketebalan *bio-film* yang dihasilkan.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Cut Masyithah (2024) pada analisis fisika dan biologi pembalut sekali pakai dan pembalut pakai ulang, di mana pengukuran ketebalan dilakukan pada sepuluh titik berbeda untuk memperoleh nilai rata-rata yang representatif. Pada rasio 50:50, kandungan serat pelepah pisang yang lebih tinggi sehingga jumlah padatan dan volume material yang terbentuk juga semakin besar. Serat pelepah pisang berperan sebagai pengisi *(filler)* yang memperkuat struktur dan menambah dimensi lapisan film, segingga *bio-film* pada rasio ini terbentuk lebih tebal dibandingkan dengan rasio lainnya.

4.2.2. Uji Stabilitas Terhadap Larutan

Uji stabilitas terhadap larutan dilakukan sebagai tahap awal sebelum proses *finishing* antibakteri untuk mengevaluasi ketahanan struktur *bio-*

film absorbent terhadap kontak dengan larutan berbasisi air dan etanol yang digunakan pada metode *dip coating.* Parameter yang diamati adalah perubahan massa sampel setelah perendaman, yang menunjukkan kemampuan material mempertahankan integritasnya tanpa mengalami pelarutan atau degradasi awal.

Berdasarkan hasil pengujian stabilitas terhadap larutan, seluruh sampel menunujukan nilai stabilitas negatif, yang mengindikasikan terjadinya penurunan massa setelah proses perendaman. Sampel dengan rasio serat pelepah pisang:alginat 10:90 memiliki nilai stabilitas sebesar -31,33%, sedangkan rasio 30:70 dan 50:50 masing-masing menunjukkan nilai stabilitas sebesar -29,76% dan -2,74%. Penurunan massa ini menunjukkan bahwa sebagian komponen material mengalami pelarutan atau terlepas dari struktur *bio-film* selama proses perendaman.

Nilai stabilitas yang lebih rendah (lebih negatif) pada rasio 10:90 dan 30:70 menunjukkan bahwa *bio-film* pada komposisi tersebut relatifkurang stabil terhadap pengaruh larutan dibandingkan rasio 50:50. Pada rasio dengan kandungan alginat yang lebih tinggi, matriks biopolimer cenderung lebih mudah verinteraksi dengan air, sehingga memungkinkan terjadinya proses *swelling* berlebih yang diikuti oleh pelepasan komponen terlarut ayau fraksi material yang tidak terikat kuat. Kondisi ini menyebabkan kehilangan massa yang lebih signifikan setelah perendaman.

Sebaliknya, rasio serat pelepah pisang:alginat 50:50 menunjukkan nilai stabilitas yang paling mendekati nol, yaitu -2,74% yang menandakan bahwa penurunan massa relatif paling kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa keseimbangan antara fraksi serat pelepah pisang dan matriks alginat pada rasio ini mampu membentuk struktur *bio-film* yang lebih stabil terhadap paparan larutan. Keberadaan serat dalam jumlah lebih besar berperan sebagai penguat struktur *(reinforcement)* yang membantu mempertahankan integritas material serta mengurangi pelepasan massa selama perendaman.

Secara umum, hasil uji stabilitas menunjukkan bahwa peningkatan fraksi serat pelepah pisang dalam komposisi *bio-film* cenderung meningkatkan stabilitas material terhadap larutan. Meskipun seluruh sampel masih mengalami penurunan massa, perbedaan nilai stabilitas antar rasio menunjukkan bahwa komposisi material memiliki peran penting dalam menentukan ketahanan *bio-film* terhadap *coating* ekstrak kulit manggis pada proses *finishing*. Dengan demikian, rasio 50:50 dapat dikatakan memiliki performa stabilitas yang lebih baik dibandingkan rasio lainnya dalam pengujian ini, meskipun optimasi lebih lanjut masih diperlakukan untuk meningkatkan ketahanan material secara keseluruhan.

4.2.3. Uji Karakteristik Fisik (Kadar PH)

Berdasarkan hasil pengujian, seluruh sampel *bio-film absorbent* pada berbagai rasio serat pelepah pisang-natrium alginat serta variasi konsentrasi *finishing* antibakteri menunjukkan nilai pH yang sama, yaitu pH 4. Nilai pH tersebut berada dalam rentang asam lemah, yang sesuai dengan kondisi fisiologis area kewanitaan, dimana pH normal vagina umumnya berkisar antara pH 3,8 - 4,5. Keseragaman nilai pH pada seluruh sampel menunjukkan bahwa proses *finishing* menggunakan ekstrak kulit manggis tidak menyebabkan perubahan keasaman yang signifikan pada permukaan *bio-film*, serta berlangsung secara merata pada setiap variasi komposisi dan konsentrasi. Selain itu, lingkungan dengan pH asam diketahui berperan penting dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen, sehingga nilai pH *bio-film* yang dihasilkan tidak hanya aman untuk kontak dengan kulit sensitif, tetapi juga mendukung fungsi antibakteri dari material. Dengan demikian, *bio-film absorbent* yang dikembangkan berpotensi diaplikasikan sebagai material pembalut wanita yang kompatibel dengan keseimbangan pH alami area kewanitaan.

4.2.4. Uji Daya Serap *(In-Vitro)*

Berdasarkan hasil pengujian daya serap cairan, terlihat bahwa rasio komposisi serat pelepah pisang dan natrium alginat serta konsentrasi *finishing* ekstrak kulit manggis memengaruhi kapasitas *absorbansi bio-film absorbent.* Pada rasio serat pelepah pisang:alginat 10:90, nilai daya serap merupakan yang paling rendah dibandingkan rasio lainnya, yaitu berturut-turut sebesar 3,75 kali pada konsentrasi 0%, 3,81 kali pada konsentrasi 5%, 2,33 kali pada konsentrasi 10%, dan 3,22 kali pada konsentrasi 15%. Rendahnya daya serap pada rasio ini berkaitan dengan dominasi matriks alginat yang membentuk struktur film lebih kompak dan rapat, sehingga jumlah serta ukuran pori yang berperan dalam penyerapan cairan menjadi terbatas. Penurunan daya serap pada konsentrasi 10% menunjukkan adanya perubahan struktur mikro *bio-film* setelah proses *finishing*, namun peningkatan kembali pada konsentrasi 15% mengindikasikan bahwa lapisan ekstrak tidak menutup pori aktif secara permanen, melainkan memengaruhi distribusi dan jalur difusi cairan secara tidak seragam.

Pada rasio serat pelepah pisang:alginat 30:70, kapasitas daya serap meningkat dibandingkan rasio 10:90, dengan nilai sebesar 5,95 kali pada konsentrasi 0%, 4,74 kali pada konsentrasi 5%, 4,16 kali pada konsentrasi 10%, dan 4,99 kali pada konsentrasi 15%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penambahan fraksi serat pelepah pisang berkontribusi terhadap pembentukan struktur *bio-film* yang lebih berpori. Meskipun terjadi penurunan daya serap setelah proses *finishing* pada konsentrasi 5% dan 10%, peningkatan kembali pada konsentrasi 15% menunjukkan bahwa interaksi antara senyawa aktif ekstrak kulit manggis dan matriks biopolimer dapat membantu mempertahankan kapasitas serap, kemungkinan melalui penguatan jaringan *film* atau peningkatan kemampuan *swelling* pada konsentrasi tertentu.

Sementara itu, rasio serat pisang:alginat 50:50 menunjukkan kapasitas daya serap tertinggi dibandingkan rasio lainnya, yaitu sebesar

7,54 kali pada konsentrasi 0%, 4,06 kali pada konsentrasi 5%, 4,80 kali pada konsentrasi 10%, dan 5,0098 kali pada konsentrasi 15%. Tingginya daya serap pada rasio ini disebabkan oleh keseimbangan antara fraksi serat dan matriks alginat yang menghasilkan struktur *bio-film* lebih tebal, lebih longgar, dan memiliki jumlah pori yang lebih banyak. Meskipun proses *finishing* antibakteri menyebabkan penurunan daya serap pada konsentrasi rendah akibat terbentuknya lapisan ekstrak di permukaan film, peningkatan kembali pada konsentrasi 10% dan 15% menunjukkan bahwa lapisan tersebut tidak sepenuhnya menghambat difusi cairan, sehingga *bio-film* tetap mampu berfungsi sebagai material penyerap yang efektif. Hasil ini sejalan dengan laporan Büyüküstün et al. (2020) dan Jeyakanthan et al. (2023) yang menyatakan bahwa keseimbangan antara fraksi serat dan matriks polimer berperan penting dalam membentuk struktur berpori dan meningkatkan kemampuan *swelling* material penyerap.

Secara umum, nilai daya serap pada seluruh variasi menunjukkan pola fluktuatif atau tidak linier terhadap peningkatan konsentrasi ekstrak. Ketidakkonsistenan ini menunjukkan bahwa proses *finishing* tidak hanya membentuk lapisan pasif, tetapi juga memengaruhi struktur mikro, homogenitas pelapisan, serta interaksi antarmolekul di dalam *bio-film*. Variasi tingkat penetrasi ekstrak, perbedaan distribusi senyawa aktif, serta perubahan kemampuan *swelling* matriks menyebabkan respons penyerapan cairan yang berbeda pada setiap konsentrasi.

Jika dibandingkan dengan kontrol tanpa ekstrak (0%), penambahan ekstrak kulit manggis pada setiap rasio menunjukkan perubahan kapasitas daya serap yang bervariasi. Pada rasio serat pisang:alginat 10:90, peningkatan konsentrasi ekstrak dari 0% ke 5% menghasilkan kenaikan daya serap sebesar +0,06 kali, sedangkan pada konsentrasi 10% terjadi penurunan sebesar −1,42 kali dan pada konsentrasi 15% penurunan sebesar −0,53 kali dibandingkan kontrol. Pada rasio 30:70, penambahan ekstrak menyebabkan penurunan daya serap sebesar −1,21

kali pada konsentrasi 5%, −1,79 kali pada konsentrasi 10%, dan −0,96 kali pada konsentrasi 15% terhadap nilai kontrol. Sementara itu, pada rasio 50:50 penurunan daya serap relatif lebih besar, yaitu sebesar −3,48 kali pada konsentrasi 5%, −2,74 kali pada konsentrasi 10%, dan −2,53 kali pada konsentrasi 15% dibandingkan dengan kondisi tanpa ekstrak. Seluruh hasil tersebut menunjukkan bahwa meskipun pemberian ekstrak kulit manggis secara umum menurunkan kapasitas daya serap dibandingkan kontrol, besarnya penurunan berbeda pada setiap rasio dan konsentrasi, yang mencerminkan adanya interaksi antara struktur *bio-film*, distribusi ekstrak, dan kemampuan *swelling* matriks biopolimer.

Penurunan kapasitas daya serap yang terjadi pada beberapa variasi konsentrasi ekstrak tidak hanya dipengaruhi oleh komposisi material, tetapi juga oleh metode *finishing* antibakteri yang digunakan. Pada penelitian ini, proses *finishing* dilakukan menggunakan metode *dip coating* yang diikuti dengan pengeringan oven. Peningkatan konsentrasi ekstrak kulit manggis menyebabkan semakin banyak senyawa ekstrak yang terdeposisi pada permukaan dan pori *bio-film*, sehingga berpotensi menutup sebagian pori aktif yang berperan dalam penyerapan cairan. Selain itu, pengeringan oven yang dilakukan secara berulang dapat menyebabkan penyusutan matriks biopolimer, sehingga struktur *bio-film* menjadi lebih rapat dan kemampuan *swelling* menurun, yang pada akhirnya menurunkan kapasitas daya serap.

Ketidakkonsistenan nilai daya serap tersebut juga diduga dipengaruhi oleh keterbatasan proses preparasi serat pelepah pisang. Pada penelitian ini, serat digunakan dalam bentuk potongan pendek berukuran ±0,5 - 1 inchi, bukan dalam bentuk serbuk halus, sehingga distribusi serat di dalam matriks biopolimer berpotensi tidak homogen. Kondisi ini menyebabkan variasi ukuran dan distribusi pori antar sampel, yang pada akhirnya memengaruhi kemampuan penyerapan cairan. Ketidakseragaman struktur mikro tersebut dapat membentuk jalur difusi cairan yang berbeda meskipun komposisi dan perlakuan *finishing* yang

diberikan sama, sehingga nilai daya serap yang dihasilkan tidak selalu menunjukkan tren linier terhadap peningkatan konsentrasi ekstrak.

Fenomena khusus juga terlihat pada rasio serat pisang:alginat 30:70, di mana nilai daya serap pada konsentrasi ekstrak 5% lebih tinggi dibandingkan rasio 50:50 pada konsentrasi yang sama, meskipun secara umum rasio 50:50 menunjukkan performa daya serap tertinggi pada sebagian besar variasi konsentrasi. Kondisi ini diduga terjadi karena pada rasio 30:70 dengan konsentrasi 5%, struktur *bio-film* berada pada keseimbangan sementara antara jumlah serat, matriks alginat, dan lapisan ekstrak. Pada kondisi tersebut, lapisan ekstrak yang relatif tipis mampu memperkuat jaringan *bio-film* tanpa menutup pori aktif secara signifikan, sehingga cairan masih dapat terdifusi dan terserap dengan baik

Sebaliknya, pada rasio 50:50, keberadaan serat dalam jumlah lebih besar berpotensi meningkatkan ketidakhomogenan distribusi ekstrak pada konsentrasi 5%, akibat keterbatasan penetrasi larutan ke dalam struktur *bio-film* yang lebih tebal dan kompleks. Hal ini menyebabkan sebagian pori tidak berkontribusi optimal terhadap penyerapan cairan. Namun, pada konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi (10% dan 15%), jumlah larutan *finishing* yang lebih besar memungkinkan pelapisan dan penetrasi ekstrak yang lebih merata, sehingga rasio 50:50 kembali menunjukkan kapasitas daya serap tertinggi dibandingkan rasio lainnya.

Dengan demikian, perbedaan nilai daya serap antar rasio dan konsentrasi tidak hanya ditentukan oleh komposisi material, tetapi juga dipengaruhi oleh homogenitas serat, distribusi ekstrak, dan keterbatasan metode preparasi. Fluktuasi nilai daya serap yang terjadi merupakan konsekuensi dari kompleksitas struktur *bio-film* berbasis serat alam, bukan kesalahan eksperimental, dan menunjukkan bahwa sistem *bio-film* yang dikembangkan masih memiliki ruang untuk optimasi lebih lanjut.

Jika dikaitkan dengan SNI 16-6363-2000 tentang pembalut wanita, yang mensyaratkan daya serap minimal tidak kurang dari 10 kali berat

awal produk, maka nilai daya serap *bio-film* yang diperoleh dalam penelitian ini masih berada di bawah standar tersebut.

Selain itu, perlu dipahami bahwa standar SNI 16-6363-2000 ditujukan untuk produk pembalut wanita komersial yang umumnya terdiri dari sistem *multilayer*, meliputi lapisan penyerap inti (*absorbent core),* lapisan distribusi cairan, serta lapisan penahan kebocoran. Sementara itu, material yang dikembangkan dalam penelitian ini masih berupa *bio-film* tunggal sebagai kandidat material penyerap, bukan sistem pembalut lengkap. Oleh karena itu, nilai daya serap yang diperoleh belum sepenuhnya dapat disetarakan secara langsung dengan performa produk komersial yang telah melalui rekayasa struktur berlapis dan integrasi material pendukung lainnya.

Lebih lanjut, capaian daya serap maksimum sebesar 7,54 kali pada rasio 50:50 menunjukkan bahwa material telah mencapai lebih dari setengah persyaratan minimum SNI. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem biopolimer yang dikembangkan telah memiliki kapasitas *absorptif* yang signifikan, meskipun belum berada pada tingkat superabsorben sintetis. Dengan pendekatan rekayasa lanjutan, seperti pengembangan struktur berlapis atau integrasi dengan material distribusi cairan tambahan, potensi pemenuhan standar masih terbuka untuk dikembangkan pada tahap penelitian berikutnya.

Gambar 4. 10 Sampel Bio-film Hasil Uji Daya Serap

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4.2.5. Uji Aktivitas Antibakteri *(S. Aureus)*

Uji aktivitas antibakteri *bio-film absorbent* dilakukan menggunakan metode difusi cakram terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Pengujian difokuskan pada sampel dengan rasio serat pelepah pisang: alginat 50:50 karena rasio tersebut menunjukkan kapasitas daya serap tertinggi pada pengujian sebelumnya, sehingga dianggap paling representatif untuk aplikasi sebagai material pembalut.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *bio-film* yang di*finishing* dengan ekstrak kulit manggis mamppu membentuk zona bening di sekitar cakram uji, yang mengindisikan adanya aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus*. Rerata diameter zona bening yang berbentuk berturut-turut sebesar 7,5 mm pada konsentrasi ekstrak 5% meningkat menjadi 8,7 mm pada konsentrasi 10%, dan mencapai 9,3 mm pada konsentrasi 15%. Peningkatan diameter zona hambat seiring dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak kulit manggis dengan efektivitas penghambatan pertumbuhan bakteri.

Jika ditinjau dari selisih diameter zona hambat antar variasi konsentrasi ekstrak kulit manggis, peningkatan dari konsentrasi 5% ke 10% menunjukkan kenaikan diameter zona hambat sebesar 1,2 mm, sedangkan peningkatan dari konsentrasi 10% ke 15% hanya sebesar 0,6 mm. Sementara itu, selisih diameter zona hambat antara konsentrasi 5% dan 15% adalah sebesar 1,8 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun peningkatan konsentrasi ekstrak kulit manggis masih diikuti oleh peningkatan aktivitas antibakteri, besarnya peningkatan tersebut cenderung menurun pada konsentrasi yang lebih tinggi. Kecenderungan peningkatan diameter zona hambat pada konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi menunjukkan adanya hubungan antara konsentrasi ekstrak dan aktivitas antibakteri. Hal ini sejalan dengan Poeloengan & Praptiwi (2010) yang melaporkan bahwa ekstrak kulit manggis menunjukkan aktivitas antibakteri yang meningkat secara konsentrasi-dependen, meskipun pada konsentrasi tertentu efek penghambatan dapat mulai mencapai kondisi jenuh. Dengan demikian, efektivitas antibakteri *bio-film absorbent* mulai menunjukkan kecenderungan stabil, di mana penambahan konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi tidak lagi memberikan peningkatan daya hambat yang signifikan terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*.

Ekstrak kulit manggis yang digunakan pada penelitian ini diperoleh melalui metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96% dengan perbandingan bubuk simplisia dan pelarut sebesar 1:7. Metode dan rasio tersebut mengacu pada Farmakope Herbal Indonesia (2017) serta penelitian Fitriana et al. (2024), yang menyatakan bahwa etanol 96% merupakan pelarut yang efektif dalam mengekstraksi senyawa bioaktif kulit manggis karena bersifat polar–semi polar dan mudah menguap, sehingga mempercepat proses penguapan pelarut serta meminimalkan degradasi senyawa aktif. Proses ekstraksi pada penelitian ini menghasilkan rendemen sebesar 23,412%, dengan berat akhir ekstrak sebesar 128,77 g dari berat awal bubuk kulit manggis sebesar 550 g, yang

menunjukkan bahwa metode ekstraksi yang digunakan cukup efektif dalam menarik komponen bioaktif dari bahan baku.

Aktivitas antibakteri tersebut dikaitkan dengan keberadaaan senyawa bioaktif dalam ekstrak kulit manggis, khususnya golongan senyawa *fenolik, flavonoid*, dan *xhantone* yang telah banyak dilaporkan memiliki sifat antibakteri. Senyawa-senyawa ini diketahui mampu menganggu integritas dinding sel bakteri, merusak membran sel, serta menghambat aktivitas enzim dan metabolisme sel mikroba. *Staphylococcus aureus* sebagai bakteri gram positif memiliki dinding sel yang relatif tebal namun lebih sedeharna dibandingkan bakteri gram negatif, sehingga lebih rentan terhadap penetrasi senyawa antibakteri berbasis *fenolik*.

Pemilihan *Staphylococcus aureus* sebagai bakteri uji mengacu pada penelitian Wijaya, Fransiska, dan Azti (2021) yang menyatakan bahwa *S. aureus* merupakan salah satu bakteri penyebab infeksi yang sering ditemukan pada manusia. Bakteri ini bersifat komensal dan dapat dijumpai pada hidung, mulut, dan tenggorokan sekitar 30–50% orang dewasa sehat, pada tinja sekitar 20%, serta pada kulit sekitar 5–10%, khususnya di area ketiak dan *perineum* (lubang alat vital). Oleh karena itu, keberadaan *S. aureus* sangat relevan untuk dikaji dalam pengembangan material pembalut wanita yang berpotensi bersentuhan langsung dengan kulit dan area sensitif.

Pemilihan rasio 50:50 sebagai sampel uji juga berkontribusi terhadap efektivitas aktivitas antibakteri yang dihasilkan. Struktur *bio-film* pada rasio ini memiliki keseimbangan antara fraksi serat dan matriks alginat, sehingga mampu mempertahankan ekstrak kulit manggis di dalam jaringan *bio-film* sekaligus memungkinkan pelepasan senyawa aktif ke medium uji. Struktur yang lebih tebal dan berpori pada rasio ini juga berpotensi mendukung senyawa antibakteri secara lebih stabil di sekitar cakram.

Secara umum, hasil uji aktivitas antibakateri menunjukkan bahwa proses *finishing* menggunakan ekstrak kulit manggis mampu

memberikan sifat antibakteri pada *bio-film absorbent* berbasis serat pelepah pisang dan alginat. Peningkatan konsentrasi ekstrak berpengaruh terhadap peningkatan daya hambat terhadap *Staphylococcus aureus,* yang mengindikasikan potensi material ini untuk diaplikasikan sebagai pembalut berbasis biopolimer dengan fungsi tambahan sebagai agen antibakteri alami. Temuan ini sejalan dengan tujuan pengembangan material pembalut yang tidak hanya memiliki daya serap tinggi, tetapi juga aman dan mampu menekan pertumbuhan mikroorganisme penyebab infeksi.

4.2.6. Uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada *bio-film absorbent* berbasis serat pelepah pisang dan natrium alginat dengan variasi konsentrasi *finishing* ekstrak kulit manggis (0%, 5%, 10%, dan 15%). Pengujian FTIR pada penelitian ini difokuskan pada rasio serat pelepah pisang:alginat 50:50, karena rasio tersebut menunjukkan kapasitas daya serap tertinggi dibandingkan rasio lainnya pada pengujian sebelumnya.

Berdasarkan spektrum FTIR yang diperoleh (Gambar 4.4, 4.5, 4.6, 4,7), terlihat bahwa *bio-film absorbent* memiliki beberapa pita serapan utama yang merepresentasikan gugus fungsi khas dari selulosa serat pelepah pisang, natrium alginat, serta senyawa aktif yang berasal dari ekstrak kulit manggis. Rekapitulasi gugus fungsi dan bilangan gelombang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Pita serapan lebar pada daerah 3291–3339 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus –OH (hidroksil) yang berasal dari selulosa serat pisang, alginat, gliserol, dan senyawa fenolik ekstrak manggis. Pita serapan pada bilangan gelombang ±3400 cm^{-1} ini sesuai dengan karakteristik alginat dan selulosa yang dilaporkan oleh Maharani et al. (2017) dan Fan (2023). Lebarnya pita serapan mengindikasikan adanya

ikatan hidrogen yang kuat antar rantai polimer, yang berperan penting dalam sifat hidrofilik dan kemampuan *swelling bio-film*.

Gugus C–H alifatik teridentifikasi pada bilangan gelombang 2929,47 cm^{-1} (5%) dan 2925,44 cm^{-1} (10%), yang berasal dari struktur alifatik selulosa, alginat, gliserol, dan *CMC*. Pada sampel 0% dan 15%, gugus ini tidak terdeteksi secara jelas, yang diduga disebabkan oleh tumpang tindih dengan pita –OH yang dominan serta penurunan intensitas relatif akibat perubahan interaksi antarmolekul setelah proses *finishing.*

Pita serapan pada daerah 1630–1639 cm^{-1} dan 1412–1432 cm^{-1} masing-masing dikaitkan dengan vibrasi regangan asimetris dan simetris gugus COO^{-}, yang merupakan ciri khas natrium alginat dan *CMC.* Pergeseran kecil bilangan gelombang menunjukkan adanya interaksi antara matriks biopolimer dengan senyawa aktif ekstrak kulit manggis tanpa pembentukan ikatan kovalen baru.

Gugus C=C aromatik teridentifikasi pada bilangan gelombang 1598,49 cm^{-1} (0%) dan 1602,68 cm^{-1} (10%), yang berkaitan dengan struktur *flavonoid* dan *xanthone* ekstrak kulit manggis. Tidak terdeteksinya gugus ini pada konsentrasi 5% dan 15% diduga akibat intensitas sinyal yang lemah dan tumpang tindih dengan pita serapan lain di daerah yang sama.

Pita serapan C–O fenolik muncul pada daerah 1281–1282 cm^{-1} pada konsentrasi 10% dan 15%, yang mengindikasikan keberadaan senyawa aktif ekstrak manggis dalam matriks *bio-film*. Selain itu, pita pada daerah 1030–1036 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus C–O–C / C–O alkohol dari selulosa, alginat, dan *CMC*.

Secara keseluruhan, hasil FTIR menunjukkan bahwa *bio-film absorbent* memiliki gugus fungsi yang sesuai dengan material penyusunnya. Variasi intensitas dan kemunculan pita serapan pada setiap konsentrasi *finishing* menunjukkan bahwa ekstrak kulit manggis berinteraksi secara fisik dengan matriks biopolimer tanpa membentuk gugus fungsi baru. Fluktuasi spektrum yang terjadi mencerminkan

kompleksitas struktur *bio-film* berbasis serat alam dan heterogenitas distribusi senyawa aktif.

4.2.7. Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan selama dua minggu menggunakan metode penguburan tanah yang ditambahkan pupuk EM4 sebagai sumber mikroorganisme efektif. Metode ini mengacu pada penelitian Cut Masyithah (2024) yang membahas analisis fisika dan biologi pada pembalut sekali pakai dan pembalut pakai ulang, parameter yang diamati berupa perubahan massa sampel sebelum dan setelah penguburan. Persentase perubahan massa bernilai negatif menunjukkan terjadinya kehilangan massa akibat proses biodegradasi, yang mengindikasikan bahwa material mengalami penguraian oleh aktivitas mikroorganisme, kelembapan tanah, serta interaksi antara matriks biopolimer dan lingkungan tanah. Pendekatan ini digunakan untuk mensimulasikan kondisi degradasi material pembalut setelah penggunaan dan pembuangan, serta untuk mengevaluasi potensi ramah lingkungan dari material berbasis biopolimer.

Pada rasio serat pelepah pisang:alginat 10:90, diperoleh persentase perubahan massa sebesar −38,84% pada konsentrasi ekstrak 0%, −5,00% pada konsentrasi 5%, −46,88% pada konsentrasi 10%, dan −2,56% pada konsentrasi 15%. Hasil ini menunjukkan bahwa *bio-film* dengan dominasi alginat cenderung mengalami degradasi yang bervariasi terhadap peningkatan konsentrasi ekstrak kulit manggis. Penurunan massa yang relatif kecil pada konsentrasi 5% dan 15% mengindikasikan bahwa keberadaan ekstrak berpotensi memberikan efek penghambatan sementara terhadap aktivitas mikroorganisme, meskipun material tetap mengalami proses degradasi.

Pada rasio serat pelepah pisang:alginat 30:70, persentase perubahan massa berturut-turut sebesar −56,79% pada konsentrasi 0%, −38,46% pada konsentrasi 5%, −28,79% pada konsentrasi 10%, dan −17,39% pada

konsentrasi 15%. Penurunan massa yang cukup besar pada konsentrasi 0% menunjukkan bahwa peningkatan fraksi serat pelepah pisang mempercepat proses biodegradasi, mengingat serat alam memiliki sifat mudah terurai oleh mikroorganisme tanah. Seiring meningkatnya konsentrasi ekstrak kulit manggis, persentase kehilangan massa cenderung menurun, yang mengindikasikan bahwa senyawa aktif dalam ekstrak dapat memengaruhi laju degradasi, meskipun tidak menghentikan proses biodegradasi secara keseluruhan.

Sementara itu, pada rasio serat pisang:alginat 50:50 diperoleh persentase perubahan massa sebesar −37,31% pada konsentrasi 0%, −50,00% pada konsentrasi 5%, −25,53% pada konsentrasi 10%, dan −61,76% pada konsentrasi 15%. Hasil ini menunjukkan bahwa rasio dengan fraksi serat tertinggi memiliki kecenderungan degradasi yang signifikan, terutama pada konsentrasi ekstrak 5% dan 15%. Tingginya penurunan massa pada rasio ini mengindikasikan bahwa kombinasi struktur *bio-film* yang lebih tebal dan berpori dengan kandungan serat alam yang tinggi mempermudah penetrasi mikroorganisme dan air ke dalam matriks, sehingga mempercepat proses penguraian.

Jika dibandingkan dengan kontrol tanpa ekstrak (0%), penambahan ekstrak kulit manggis pada setiap rasio menunjukkan perubahan laju biodegradasi yang berbeda-beda. Pada rasio serat pelepah pisang:alginat 10:90, kontrol mengalami kehilangan massa sebesar −38,84%, kemudian menurun menjadi −5,00% pada konsentrasi 5% (selisih −33,84%), meningkat menjadi −46,88% pada konsentrasi 10% (selisih +8,04%), dan kembali menurun menjadi −2,56% pada konsentrasi 15% (selisih −36,28%). Pada rasio 30:70, kontrol menunjukkan kehilangan massa sebesar −56,79%, yang kemudian berkurang berturut-turut menjadi −38,46% pada konsentrasi 5% (selisih −18,33%), −28,79% pada konsentrasi 10% (selisih −28,00%), dan −17,39% pada konsentrasi 15% (selisih −39,40%), menunjukkan kecenderungan penurunan laju biodegradasi seiring peningkatan konsentrasi ekstrak. Sementara itu,

pada rasio 50:50, kontrol mengalami kehilangan massa sebesar −37,31%, yang meningkat menjadi −50,00% pada konsentrasi 5% (selisih +12,69%), menurun menjadi −25,53% pada konsentrasi 10% (selisih −11,78%), dan meningkat signifikan menjadi −61,76% pada konsentrasi 15% (selisih +24,45%). Dengan demikian, perbandingan terhadap kontrol menunjukkan bahwa pengaruh ekstrak kulit manggis terhadap biodegradasi tidak bersifat linier dan sangat dipengaruhi oleh rasio serat–alginat serta struktur *bio-film* yang terbentuk.

Secara umum, hasil uji biodegradasi menunjukkan bahwa seluruh variasi *bio-film absorbent,* baik tanpa maupun dengan penambahan ekstrak kulit manggis, mengalami degradasi selama dua minggu penguburan, yang menegaskan sifat *biodegradable* dari material berbasis serat pelepah pisang dan natrium alginat. Hasil biodegradasi ini sejalan dengan Pawar et al. (2024) dan Zinina et al. (2023) yang melaporkan bahwa material berbasis serat alam dan alginat mengalami penurunan massa signifikan akibat aktivitas mikroorganisme tanah. Jika dibandingkan dengan kontrol tanpa ekstrak (0%), penambahan ekstrak kulit manggis pada berbagai konsentrasi dan rasio material menyebabkan perubahan laju biodegradasi yang bervariasi, namun tidak menghentikan proses penguraian material secara alami. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun senyawa aktif dalam ekstrak kulit manggis pada beberapa kondisi dapat memperlambat atau memodulasi aktivitas mikroorganisme tanah, bio-film tetap mampu terdegradasi. Penambahan EM4 terbukti berperan dalam mempercepat proses biodegradasi melalui peningkatan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah, sehingga perbedaan laju degradasi antar variasi lebih dipengaruhi oleh komposisi *bio-film* dan keberadaan ekstrak, bukan oleh kegagalan material untuk terurai. Hasil ini sejalan dengan temuan Cut Masyithah (2024) yang menyatakan bahwa material pembalut berbasis serat alam dan biopolimer memiliki potensi degradasi biologis yang lebih baik dibandingkan material sintetis

konvensional, sehingga berpeluang dikembangkan sebagai alternatif pembalut wanita yang lebih ramah lingkungan.

Gambar 4. 11 Sampel Bio-Film sebelum terdegradasi

Gambar 4. 12 Sampel Bio-Film setelah terdegradasi

Sumber: Dokumentasi Pribadi

BAB V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi perbandingan komposisi *bio-film absorbent* hasil kombinasi serat pelepah pisang, natrium alginat, dan *finishing* ekstrak kulit manggis berpengaruh terhadap kemampuan penyerapan cairan *bio-film absorbent.* Peningkatan fraksi serat pelepah pisang dalam matriks biopolimer menghasilkan kecenderungan peningkatan daya serap cairan, di mana rasio serat pisang:natrium alginat 50:50 menunjukkan kapasitas daya serap tertinggi dibandingkan rasio 10:90 dan 30:70.
2. Variasi konsentrasi ekstrak kulit manggis sebagai agen *finishing* antibakteri alami berpengaruh terhadap aktivitas antibakteri *bio-film absorbent* terhadap *Staphylococcus aureus.* Peningkatan konsentrasi ekstrak dari 5% hingga 15% menghasilkan peningkatan diameter zona hambat, yang menunjukan bahwa ekstrak kulit manggis efektif sebagai agen antibakteri alami pada material *bio-film.*
3. *Bio-film absorbent* hasil kombinasi serat pelepah pisang, natrium alginat, dan *finishing* ekstrak kulit manggis menunjukan kemampuan biodegradasi yang baik di lingkungan tanah, yang ditandai dengan terjadinya penurunan massa pada seluruh variasi sampel. Hal ini mengindikasikan bahwa material yang dikembangkan bersifat ramah lingkungan dan berpotensi mengurangi limbah pembalut berbasis bahan sintesis.
4. Secara keseluruhan, kombinasi serat pelepah pisang dan natrium alginat sebagai material *absorbent* alami yang dipadukan dengan *finishing* antbakteri ekstrak kulit manggis memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai material pembalut wanita higienis, aman, *biodegradable,* dan berkelanjutan. Namun demikian, berdasarkan hasil uji daya serap, seluruh variasi *bio-film absorbent* yang dihasilkan belum memenuhi

standar daya serap yang dipersyaratkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pembalut wanita, sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut, khususnya melalui optimasi komposisi material, struktur *bio-film,* dan metode proses untuk meningkatkan kapasitas penyerapan cairan sebagai alternatif pengganti *superabsorbent polymer (SAP)* sintesis.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan serat pelepah pisang dalam bentuk serbuk atau dengan ukuran partikel yang lebih seragam guna meningkatkan homogenitas material *bio-film absorbent.* Penggunaan serat dalam bentuk serbuk diharapkan dapat meminimalkan perbedaan massa antar sampel serta meningkatkan akurasi hasil pengujian, khususnya pada uji daya serap dan perbandingan massa.
2. Keterbatasan alat pengadukan pada penelitian ini berpotensi memengaruhi homogenitas campuran *bio-film*. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan menggunakan alat pengaduk mekanis dengan kecepatan dan waktu pengadukan yang terkontrol untuk menghasilkan distribusi serat dan natrium alginat yang lebih merata dalam matriks biopolimer.
3. Proses penuangan *bio-film* pada penelitian selanjutnya disarankan dilakukan dengan penyeragaman berat larutan pada setiap pembuatan sampel serta pengendalian ketebalan lapisan menggunakan cetakan atau alat bantu yang terstandar. Upaya ini bertujuan untuk menghasilkan *bio-film* dengan ketebalan dan massa yang seragam sehingga hasil pengujian sifat fisik dan daya serap menjadi lebih konsisten.
4. Untuk meningkatkan kapasitas daya serap agar mendekati atau memenuhi standar SNI pembalut wanita, penelitian selanjutnya dapat mengkaji penggunaan material tambahan yang bersifat sangat hidrofilik

atau berpori tinggi, baik melalui kombinasi dengan biopolimer alami lain maupun melalui modifikasi struktur internal *bio-film.*

5. Pengembangan bentuk material *absorbent* juga perlu dikaji lebih lanjut, tidak hanya dalam bentuk lembaran *bio-film*, tetapi juga dalam bentuk butiran atau gel menyerupai *superabsorbent* konvensional, sehingga diharapkan dapat meningkatkan luas permukaan kontak dan kapasitas penyerapan cairan.
6. Metode *finishing* antibakteri dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menghomogenisasikan ekstrak kulit manggis secara langsung ke dalam matriks *bio-film* selama proses pembuatan material, sehingga diharapkan agen antibakteri terdistribusi lebih merata dan memiliki stabilitas aktivitas yang lebih baik dibandingkan metode *finishing* permukaan. Pendekatan ini juga diharapkan dapat meminimalkan kebutuhan pengeringan berulang menggunakan oven, yang pada penelitian ini berpotensi menyebabkan penyusutan struktur biopolimer dan penurunan kapasitas daya serap material.
7. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian aktivitas antibakteri terhadap jenis mikroorganisme lain, khususnya bakteri Gram negatif seperti *Escherichia coli*, untuk mengetahui spektrum aktivitas antibakteri *bio-film absorbent* secara lebih komprehensif.
8. Untuk mendukung aplikasi *bio-film absorbent* sebagai pembalut wanita, perlu dilakukan pengujian lanjutan terkait sifat mekanik, kenyamanan pemakaian, dan keamanan kulit, seperti uji kekuatan tarik, fleksibilitas, serta uji iritasi kulit, guna memastikan material aman dan layak digunakan secara langsung.
9. Pada pengujian biodegradasi, penelitian selanjutnya disarankan untuk tidak menggunakan pupuk EM4 sebagai sumber mikroorganisme tambahan, melainkan menggunakan tanah alami tanpa penambahan aktivator. Hal ini bertujuan agar kondisi degradasi lebih merepresentasikan kondisi lingkungan sebenarnya, mengingat tidak semua tanah di lingkungan tercemar mengandung populasi

mikroorganisme seintensif tanah yang diberi EM4, sehingga hasil uji biodegradasi dapat menggambarkan kemampuan terurai material secara lebih realistis.

10. Pada pengujian daya serap, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan cairan simulasi yang lebih mendekati karakteristik darah menstruasi, baik dari segi viskositas, pH, kandungan protein, maupun komposisi elektrolit. Penggunaan *menstrual fluid simulant* (MFS) atau cairan darah buatan dengan formulasi menyerupai darah haid diharapkan dapat memberikan hasil pengujian yang lebih representatif terhadap kondisi pemakaian sebenarnya dibandingkan penggunaan cairan uji sederhana.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurrohman, Mayseptheny, R. H., Putra, V. G. V., & Mecca, A. (2025). Pembuatan masker kain berbahan poliester kapas (TC) menggunakan metode paparan plasma pijar dan coating anti bakteri dari ekstrak daun Eucalyptus globulus. *Texere*, *23*(1).

Anggraini, W., Salmah, S., & Nurhidayati, N. (2022). *Antibacterial activity of mangosteen bark fraction (Garcinia mangostana L.) against Salmonella typhi ATCC 13311*. Journal of Vocational Health Studies, 5(3), 139–145.

Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 16-6363-2000: Pembalut wanita*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).

Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 7188.7:2016 Plastik Biodegradasi – Uji biodegradasi dalam kondisi kompos*. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 8916:2020 Pembalut wanita – Persyaratan*. Jakarta: BSN.

Brooks, Geo. F. et al. 2005. Mikrobiologi Kedokteran. Jakarta : Salemba Medika.

Büyüküstün, A. D., Erişir, E., & Gümüşkaya, E. (2020). Cellulosic Superabsorbent Production with Citric Acid Cross-Linking Method. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, *11*(2), 185–191.

Chaiwarit, T., Kantrong, N., Sommano, S. R., Rachtanapun, P., Junmahasathien, T., Kumpugdee-Vollrath, M., & Jantrawut, P. (2021). Extraction of Tropical Fruit Peels and Development of HPMC Film Containing the Extracts as an Active Antibacterial Packaging Material. *Molecules*, *26*(8), 2265.

Cut Masyithah T., & Mariyanti. (2024). Analisis sifat fisika dan biologi pada pembalut sekali pakai dan pembalut pakai ulang. *FARMANESIA*, *11*(1).

El-Shafei, A., Shaarawy, S., Motawe, F. H., & Refaei, R. (2018*). Herbal Extract as an Ecofriendly Antimicrobial Finishing of Cotton Fabric.* Egypt. J. Chem., 61(2), 317–327.

Fan, Y. (2023). Study on Preparation and Application of Banana Fiber-Based Composites. *Journal of Physics: Conference Series*, *2539*, 012093.

Fitriana, L., L, T. A., Septiarini S, A. D., & Raharjo, D. (2024). Formulasi Dan Uji Aktivitas Antibakteri Sediaan Krim Ekstrak Etanol Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana Linn.*) Terhadap Bakteri *Propionibacterium Acnes* ATCC 1335. *OBAT: Jurnal Riset Ilmu Farmasi dan Kesehatan*, *2*(1), 171–190.

Hidayat, R., & Annisa, N. (2022). Pemanfaatan serat pelepah pisang untuk produk desain set fesyen wanita. *Jurnal Jurusan Seni dan Desain (JJSDesain)*, 7(2), 44–50.

Hoque, M., & Janaswamy, S. (2023). *Biodegradable packaging films from banana peel fiber*. Sustainable Chemistry and Pharmacy.

Indrianingsih, A. W., Rosyida, V. T., Darsih, C., & Apriyana, W. (2021). *Antibacterial activity of Garcinia mangostana peel-dyed cotton fabrics using synthetic and natural mordants.* Sustainable Chemistry and Pharmacy, 21, 100440.

Jeyakanthan, D. M., Schuster, J., & Shaik, Y. P. (2023). Development of ecological absorbent core sanitary pads in combination of kenaf and chitosan fibers. *Materials Sciences and Applications*, *14*, 363–381.

Ketema, A., & Worku, A. (2020). *Antibacterial Finishing of Cotton Fabric Using Stinging Nettle (Urtica dioica L.) Plant Leaf Extract.* Journal of Chemistry, 2020, Article ID 4049273.

Laksanawati, T. A., Basuki, A., Ma'ruf, H. M., Trisanti, P. N., & Sumarno. (2018). *Synthesis and Characterization of Superabsorbent Polymer (SAP) based on Starch and Acrylic Acid*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" (pp. K17-4). Yogyakarta: UPN "Veteran" Yogyakarta.

Maharani, D. A., Yusuf, M., & Ardiansyah, A. (2017). Karakteristik natrium alginat dari rumput laut cokelat dengan metode ekstraksi yang berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia (JPHPI)*, 20(3), 478–485.

Mardawati, E., Achyar, C. S., & Marta, H. (2008). Kajian aktivitas antioksidan ekstrak kulit Manggis (Garcinia mangostana L.) dalam rangka pemanfaatan limbah kulit manggis di Kecamatan Puspahiang Kabupaten Tasikmalaya. Teknologi Industri, Universitas Pajajaran, Bandung.

Mas'ud, Z. A., Khotib, M., Farid, M., Nur, A., & Amroni, M. (2013). Superabsorbent derived from cassava waste pulp. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, *2*(1), 8.

Miraningtyas, A., Wijayanti, K., & Isnawati, M. (2024). Pengembangan pembalut bunga telang berbasis nanotechnology dan akurasi dalam deteksi dini ketuban pecah dini. *Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan*, *34*(3).

Mistry, P., Patel, D., Patel, K., & Prajapati, B. (2023). *Chitosan superabsorbent biopolymers in sanitary and hygienic applications: A review. International Journal of Pharmaceutical Sciences*, 15(2), 110–190.

Narasimhan, S., Maheshwaran, S., Abu-Yousef, I. A., Majdalawieh, A. F., Rethavathi, J., Das, P. E., & Poltronieri, P. (2017). *Anti-bacterial and anti fungal activity of xanthones obtained via semi-synthetic modification of α mangostin from Garcinia mangostana.* Molecules, 22(2), 275.

Nengsi, S., & Sanjaya, H. (2023). Pengaruh variasi monoethanolamine dan jumlah pelapisan terhadap band gap lapis tipis CuSnO3. *Asian Journal of Science, Technology, Engineering, and Art*, *1*(2).

Pawar, S., Farshi, R., Karegowda, A. G., Bhata, P., & Pragathi, M. S. (2024). *Affordable, biodegradable, and environmentally friendly sanitary napkins for rural women, with a focus on degradation study.* Journal of Cleaner Production, (259012302401243X), 1–8.

Poeloengan, M., & Praptiwi. (2010). *Uji aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Buah Manggis (Garcinia Mangostana Linn).* Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner, 15(1), 33–38.

Pratiwi, S.T., 2008. Mikrobiologi Farmasi, Jakarta: Erlangga.

Qosim, W. A. (2007). Kulit Buah Manggis Sebagai Antioksidan. Lembaga Pengabdian Masyarakat (LPM), Universitas Padjajaran: Bandung.

Rahmawati. (2022). *Sintesis bioplastik dari serat kulit pisang yang diperkuat dengapln natrium alginat*. Skripsi. Universitas Hasanuddin.

Ridwan, M., Amri, M., & Sari, R. D. (2022). Pembuatan bahan baku pulp dari pelepah pisang dengan penambahan asam asetat. *SAINTIS: Jurnal Sains dan Teknologi*, 14(1), 1–9.

RUGC Manuscript. (2020). *Superabsorbent biopolymers: Preparation, characterization, and applications. Research Updates in Green Chemistry*, 4(1), 1–10.

Sadaf, S., Ahmad, F., Rasheed, A., Nawab, Y., Ahmad, S., Azam, F., & Mushtaq, B. (2025). *Sustainable sanitary pads: A comprehensive review of natural fibers and bio-based superabsorbent polymers for eco-friendly menstrual hygiene. International Journal of Biological Macromolecules*, 327, 147524.

Sultan, O. S., Kantilal, H. K., Khoo, S. P., Kassim, N. K., Tan, W. S., & Chia, S. L. (2022). *The potential of α-mangostin from Garcinia mangostana as an effective antimicrobial agent—A systematic review and meta-analysis. Antibiotics, 11*(6), 717.

Susmanto, P., Yandriani, Midelin, P., Khoirunnisa, S., Vanesya, S., & Armelia, E. (2023). Pembuatan Superabsorben Dari Akrilamida dan Selulosa Serat Daun Mahkota Nanas Dengan Inisiator Amonium Persulfat. *Jurnal Integrasi Proses*, *12*(2), 66–72.

Tegegne, W., Haile, A., Zeleke, Y., Temesgen, Y., Bantie, H., & Biyable, S. (2024). *Natural dyeing and anti bacterial finishing of cotton fabric with extracts from Justicia schimperiana leaf extract: a step towards sustainable dyeing and finishing.* International Journal of Sustainable Engineering, 17(1), 52–61.

Wahyuni, A. R., & Nasution, D. Y. (t.t.). Sintesis dan Karakterisasi Superabsorben Polimer Berbasis Karboksimetil Selulosa, Pati Sukun Termodifikasi, dan Aluminium Sulfatoktadeka Hidrat. *Jurnal Sains Kimia*.

Wijaya, Fransiska, J., & Azti, N. M. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Kulit Buah Manggis (Garcinia mangostana Linn.) Terhadap bakteri *Staphylococcus Aureus*, Prima Medical journal, 1-10.

Zinina, O. V., Merenkova, S. P., & Galimov, D. M. (2023). *Development of biodegradable alginate-based films with bioactive properties*. Sustainability.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1
PERHITUNGAN RASIO KONSENTRASI *BIO-FILM* SERAT PELEPAH PISANG/AG/CMC/AS/GLC

Serat Pelepah Pisang/Alginat	Kode	Ekstrak Kulit Manggis 5%	Ekstrak Kulit Manggis 10%	Ekstrak Kulit Manggis 15%
10:90	A	A1	A2	A3
30:70	B	B1	B2	B3
50:50	C	C1	C2	C3

Rasio *bio-film* serat pelepah pisang/AG/CMC/AS/GLC dan konsentrasi Antibakteri ekstrak kulit manggis diperoleh dari perhitungan berikut:

a. Total pelarut Aquades yang digunakan 1:10 total padatan.

   $50gr \times 10 = 500\ ml$

b. Kebutuhan Rasio 10:90 Serat Pelepah Pisang/AG

   Serat pelepah pisang 10% $\left(\frac{w}{w}\right) = \frac{10}{100} \times 25gr = 2{,}5\ gr$ serat pisang

   Alginat 90% $\left(\frac{w}{w}\right) = \frac{90}{100} \times 25gr = 22{,}5\ gr$ alginat

c. Kebutuhan Rasio 30:70 Serat Pelepah Pisang/AG

   Serat pelepah pisang 30%$\left(\frac{w}{w}\right) = \frac{30}{100} \times 25gr = 7{,}5\ gr$ serat pisang

   Alginat 70% $\left(\frac{w}{w}\right) = \frac{70}{100} \times 25gr = 17{,}5\ gr$ alginat

d. Kebutuhan Rasio 50:50 Serat Pelepah Pisang/AG

   Serat pelepah pisang 50%$\left(\frac{w}{w}\right) = \frac{50}{100} \times 25gr = 12{,}5\ gr$ serat pisang

   Alginat 50% $\left(\frac{w}{w}\right) = \frac{50}{100} \times 25gr = 12{,}5\ gr$ alginat

e. Kebutuhan *Carboxymethyl cellulose* (CMC) sebagai *crosslinking*

   CMC 20% $\left(\frac{w}{v}\right) = \frac{20}{100} \times 50gr = 10\ gr$ dari total padatan

f. Kebutuhan asam sitrat sebagai *crosslinking*

Asam sitrat 15% $\left(\frac{w}{v}\right) = \frac{15}{100} \times 50gr = 7{,}5\ gr$ dari total padatan

g. Kebutuhan Gliserol sebagai *crosslinking*

Gliserol 15% $\left(\frac{w}{v}\right) = \frac{15}{100} \times 50gr = 7{,}5\ gr$ dari total padatan

LAMPIRAN 2

PERHITUNGAN KONSENTRASI ANTIBAKTERI EKSTRAK KULIT MANGGIS

a. Kebutuhan perbandingan Kulit manggis dan *Ethanol* 96% 1:7

$550\ gr\ \times 7\ =\ 3{,}85\ liter$

b. Perhitungan rendemen hasil ekstrak kulit manggis

$$\frac{128{,}77\ gr}{550\ gr} \times 100\% = 23{,}412\%$$

c. Kebutuhan konsentrasi Aquades/Antibakteri ekstrak kulit manggis 5%

Ekstrak kulit manggis 5% $\left(\frac{w}{v}\right) = \frac{5}{100} \times 250gr = 12.5gr$

d. Kebutuhan konsentrasi Aquades/Antibakteri ekstrak kulit manggis 10%

Ekstrak kulit manggis 10% $\left(\frac{w}{v}\right) = \frac{10}{100} \times 250gr = 25gr$

e. Kebutuhan konsentrasi Aquades/Antibakteri ekstrak kulit manggis 15%

Ekstrak kulit manggis 15% $\left(\frac{w}{v}\right) = \frac{15}{100} \times 250gr = 37.5gr$

LAMPIRAN 3
PROSEDUR LENGKAP PELAKSANAAN PENELITIAN DAN PENGUJIAN

1. Prosedur Penelitian

A. Preparasi Serat Batang Pisang

a) Pelepah pisang kering dibersihkan dari debu dan kotoran yang menempel.

b) Pelepah dipotong kecil-kecil untuk mempermudah proses perendaman dan reaksi kimia.

c) Potongan pelepah direndam dalam larutan NaOH 10% (b/v) dengan perbandingan bahan dan larutan 1:7 atau hingga seluruh bahan terendam sempurna.

d) Proses perendaman dilakukan pada suhu ±60 °C selama 1 jam untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa.

e) Setelah perendaman selesai, serat dibilas menggunakan aquadest hingga pH netral (pH ±7).

f) Serat kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60-70°C hingga kadar air rendah.

g) Kemudian setelah kering serat dipotong dengan ukuran pendek sekitar 1-1.5 cm.

B. Preparasi Ekstrak Kulit Manggis

a) Kulit manggis kering dihaluskan dengan gilingan hingga menjadi serbuk halus.

b) Sebanyak ±100 g bubuk kulit manggis dimasukkan ke dalam wadah maserasi (misalnya erlenmeyer 1 L).

c) Tambahkan etanol 96% sebanyak 700 mL dengan perbandingan bahan dan pelarut 1:7 (b/v), hingga seluruh bahan terendam sempurna.

d) Wadah ditutup rapat menggunakan aluminium foil atau penutup kaca untuk mencegah penguapan etanol selama proses ekstraksi.

e) Maserasi dilakukan pada suhu ruang selama 3x24 jam, dengan sesekali diaduk setiap 24 jam agar proses difusi senyawa aktif berjalan merata.

f) Setelah 3x24 jam, campuran disaring menggunakan kertas saring Whatman atau kain kasa halus untuk memisahkan filtrat (Filtrat I) dan ampas (residu).

g) Ampas hasil penyaringan kemudian dimaserasi kembali (re-maserasi) dengan etanol 96% baru sebanyak 700 mL menggunakan prosedur yang sama selama 2x24 jam untuk memastikan semua senyawa aktif terekstraksi maksimal.

h) Hasil re-ekstraksi disaring kembali, dan filtrat kedua (Filtrat II) digabungkan dengan filtrat pertama.

i) Filtrat gabungan diuapkan menggunakan rotary evaporator pada suhu maksimal 50 °C dan waterbath pada sugu 60°C untuk menguapkan etanol hingga diperoleh ekstrak kental berwarna merah keunguan.

j) Ekstrak kental yang diperoleh ditimbang untuk menentukan rendemen (%), dengan rumus:

$$Rendemen = \frac{W\ ektstrak}{Wbahan\ awal} \times 100\%$$

k) Ekstrak kental disimpan dalam botol kaca gelap (amber bottle) tertutup rapat agar senyawa aktif tidak terdegradasi akibat cahaya dan oksidasi.

l) Ekstrak kental kemudian dilarutkan kembali dengan aquadest untuk membuat larutan finishing dengan variasi konsentrasi 0% (kontrol), 5%, 10%, dan 15%.

m) Jika ekstrak kental sulit larut dalam aquadest, ekstrak dapat terlebih dahulu dilarutkan dalam ±2 ml etanol, kemudian diencerkan dengan aquadest hingga mencapai volume akhir sesuai konsentrasi yang diinginkan.

C. Pembuatan *Superabsorbent* Biopolimer (Serat Pisang–Natrium

Alginat)

a) Siapkan serbuk serat pisang hasil alkalisasi dan pengeringan yang telah dipotong kecil.
b) Timbang bahan sesuai rasio perbandingan serat pisang : natrium alginat sebesar 10:90, 30:70, dan 50:50.
c) Siapkan aquadest sebanyak 500 mL sebagai pelarut utama, kemudian panaskan hingga suhu ±60 °C untuk mempermudah proses pelarutan.
d) Tambahkan natrium alginat ke dalam aquadest sedikit demi sedikit sambil diaduk menggunakan hot plate stirrer hingga larut sempurna dan tidak menggumpal.
e) Setelah larutan natrium alginat homogen, tambahkan *carboxymethyl cellulose (CMC)* sebanyak 10 g untuk memperkuat viskositas dan ikatan antar polimer.
f) Tambahkan gliserol sebanyak 15% dari total padatan (sekitar 7,5 g per 500 mL larutan) sebagai plasticizer untuk meningkatkan fleksibilitas *film.*
g) Siapkan potongan kecil serat pisang dengan menambahkan serbuk serat pisang ke dalam ±5 ml aquadest dan diaduk hingga merata agar tidak menggumpal.
h) Masukkan potongan serat pisang ke dalam larutan alginat–*CMC* sambil diaduk perlahan hingga campuran homogen terbentuk.
i) Larutkan asam sitrat *(citric acid)* sebanyak 15% dari total padatan (sekitar 7,5 g per 500 mL) dalam ±2 ml aquadest, kemudian tambahkan ke campuran biopolimer sambil terus diaduk agar proses crosslinking berjalan merata.
j) Diamkan campuran selama ±15 menit untuk menghilangkan gelembung udara.
k) Tuangkan campuran biopolimer ke dalam cetakan datar yang telah dilapisi kertas minyak atau *teflon sheet* hingga membentuk lapisan tipis dengan ketebalan seragam.

l) Ratakan permukaan *film* menggunakan batang kaca (glass rod) agar ketebalan merata di seluruh permukaan.

m) Keringkan *film* dalam oven pada suhu ±60–75 °C hingga air menguap seluruhnya dan diperoleh lembaran biopolimer kering.

n) Setelah kering, lakukan proses curing *(thermal crosslinking)* untuk mengaktifkan ikatan ester antara gugus karboksil asam sitrat dan gugus hidroksil pada matriks biopolimer.

o) Proses curing dilakukan pada suhu 110 °C selama 10–15 menit di dalam oven.

p) Setelah curing selesai, biarkan *film* dingin pada suhu ruang selama beberapa menit.

q) Keringkan kembali *film* hasil pencucian pada suhu 50–60 °C hingga mencapai berat konstan.

r) Lembaran biopolimer yang telah terbentuk kemudian dipotong sesuai ukuran sampel yang akan digunakan untuk pengujian.

s) Simpan film *superabsorbent* dalam wadah tertutup rapat di suhu ruang hingga siap digunakan untuk tahap *finishing* antibakteri.

D. *Finishing* Antibakteri dengan Metode *Dip Coating* Menggunakan Ekstrak Kulit Manggis

a) Siapkan ekstrak kulit manggis kental hasil maserasi yang telah disimpan dalam botol gelap.

b) Buat larutan ekstrak kulit manggis dengan empat variasi konsentrasi, yaitu 0% (kontrol), 5%, 10%, dan 15% (b/v).

c) Untuk setiap konsentrasi, timbang ekstrak sesuai kebutuhan dan larutkan dalam ±2 ml etanol 96% agar homogen, kemudian tambahkan aquadest hingga mencapai volume akhir sesuai konsentrasi yang diinginkan.

d) Aduk larutan ekstrak menggunakan *magnetic stirrer* selama ±10 menit hingga larutan benar-benar homogen.

e) Timbang sampel terlebih dahulu sebelum di*finishing.*

f) Masukkan perlahan sampel biopolimer kering hasil *curing* (serat

pisang–alginat–asam sitrat) ke dalam masing-masing larutan ekstrak kulit manggis sesuai variasi konsentrasi.

g) Lakukan proses perendaman (*dip coating*) selama ±30 menit agar permukaan film terselimuti secara merata oleh larutan ekstrak dengan stirer lembut RPM 60-70.

h) Setelah perendaman selesai, angkat sampel menggunakan penjepit stainless steel, dan biarkan tiris selama ±10-15 menit pada suhu ruang untuk meneteskan sisa larutan.

i) Keringkan sampel di oven pada suhu ±60 °C selama ±1 jam hingga air dan pelarut menguap seluruhnya, serta lapisan ekstrak melekat stabil pada permukaan film.

j) Pastikan seluruh sampel dari masing-masing konsentrasi benar-benar kering dan tidak lengket saat disentuh.

k) Timbang sampel kembali setelah di*finishing.*

l) Simpan hasil finishing antibakteri dalam wadah tertutup, bersih, dan kering, serta lindungi dari cahaya langsung untuk menjaga kestabilan senyawa aktif ekstrak.

m) Sampel hasil finishing antibakteri siap digunakan untuk tahap pengujian, meliputi uji daya serap (absorbansi), uji antibakteri, uji FTIR dan uji biodegradasi.

E. Uji Daya Serap *(Absorbtion)*

a) Siapkan darah buatan sebagai media uji yang memiliki viskositas mendekati cairan menstruasi.

b) Potong sampel biopolimer yang telah difinishing antibakteri menjadi ukuran seragam (2,5 x 8 cm).

c) Timbang berat kering awal setiap sampel menggunakan timbangan analitik, kemudian catat sebagai W_0.

d) Letakkan sampel pada lapisan dalam pembalut konvesional sebagai pengganti gelnya.

e) Teteskan darah buatan secara perlahan di tengah permukaan sampel menggunakan pipet atau buret dengan volume penetesan terkontrol

sebesar 5 mL per tahap, hingga cairan tidak lagi dapat diserap dan mulai menumpuk di permukaan (menandakan kapasitas maksimum telah tercapai).

f) Setelah penyerapan maksimum tercapai, diamkan selama ±1 menit agar kelebihan cairan menetes atau merata pada permukaan sampel.

g) Timbang kembali berat sampel setelah penyerapan dan catat sebagai W_t.

h) Hitung kapasitas daya serap dengan rumus:

$$Q = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100\%$$

Dimana Q = persentase daya serap (%), $W_t =$ berat setelah penyerapan, dan, $W_0 =$ berat kering awal.

i) Lakukan pengulangan sebanyak tiga kali (n = 3) untuk setiap variasi konsentrasi ekstrak dan rasio serat pisang–alginat, lalu ambil nilai rata-rata.

F. Uji Aktivitas Antibakteri

a) Mikroba uji yang akan dipakai untuk pengujian, dilakukan sub kultur atau peremajaan pada medium *Nutrient Broth* selama 18-24 jam pada suhu 35 ± 1 ºC (bakteri) dan selama 3-5 hari pada suhu ruang *(yeast).*

b) Setelah masa sub kultur selesai, maka mikroba disuspensi dengan menggunakan *buffer PBS.*

c) Populasi mikroba uji harus mencapai 10^8 CFU/mL atau setara dengan kekeruhan larutan *McFarland* 0.5 (OD 0,1 pada panjang gelombang 550 nm).

d) Siapkan seluruh alat dan bahan secara aseptik pada meja kerja *(Laminar Air Flow* dan / atau *Biosafety Cabinet)*

e) Ambil suspensi mikroba sebanyak 1000 µL dan tuangkan ke dalam cawan petri.

f) Tuangkan 15 mL medium MHA steril ke dalam cawan petri, suhu medium 45 ± 1ºC, tunggu sampai medium padat

g) Buat sumuran dengan diameter 6 mm
h) Masukkan gel sampel kedalam sumuran hingga sumuran tertutup sempurna.
i) Masukkan 25 uL kontrol ke dalam sumuran.
j) Inkubasi pada suhu 35-37 ºC selama 18-24 jam.
k) Ukur diameter zona hambat (area bening) pada sekitar sumuran.
l) Gunakan pelarut ekstrak atau akuades steril sebagai kontrol negatif dan antibiotik sebagai kontrol positif.

G. Uji Biodegradasi

a) Potong sampel biopolimer dengan ukuran seragam (±2 × 2 cm) dan timbang berat awal keringnya (W_0).
b) Siapkan tanah humus yang telah diayak halus dan dimasukkan ke dalam wadah uji setinggi ±10 cm.
c) Tanam sampel pada kedalaman ±5 cm di dalam tanah dan jaga jarak antar sampel ±3 cm.
d) Jaga kelembapan tanah sekitar 50–60% dan suhu ruang ±25 °C selama masa pengujian.
e) Lakukan pengamatan dan pengambilan sampel pada interval waktu tertentu, misalnya hari ke-5, 10, 15, 20, dan 30.
f) Setelah diambil, bersihkan tanah yang menempel, keringkan kembali pada suhu 50–60 °C hingga berat konstan, lalu timbang berat akhirnya (W_t).
g) Hitung persentase degradasi dengan rumus:

$$D(\%) = \frac{W_0 - W_t}{W_t} \times 100\%$$

h) Catat perubahan fisik (warna, retak, pelapukan) dan dokumentasikan dalam foto setiap interval pengamatan.

LAMPIRAN 4

DATA MENTAH HASIL PENGUJIAN

Lampiran 4.1 Uji Karakteristik Fisik (Ketebalan)

Rasio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{X}$
10:90	1	0,6	0,7	0,5	0,9	0,5	0,8	0,6	0,8	0,7	**0,7**
30:70	1	0,7	0,6	1	0,6	0,8	0,6	0,9	0,5	0,7	**0,76**
50:50	0,7	0,7	1	0,9	1	0,8	0,8	0,7	1,1	0,8	**0,84**

Lampiran 4.2 Uji Stabilitas Terhadap Larutan

Berat Awal (B0)

Rasio	1	2	3	$\bar{X}$ (gr)
10 90	0,26	0,25	0,32	0,277
30 70	0,28	0,28	0,28	0,28
50 50	0,37	0,6	0,49	0,487

Berat Akhir (B2)

Rasio	1	2	3	$\bar{X}$ (gr)	% Stabilitas
10 90	0,11	0,17	0,29	0,19	-31,33%
30 70	0,19	0,2	0,2	0,197	-29,76%
50 50	0,59	0,48	0,35	0,473	-2,74%

Lampiran 4.3 Uji Karakteristik Fisik (Kadar pH)

Konsentrasi 5% Ekstrak Kulit Manggis

Rasio	1	2	3	$\bar{X}$
10 90	4	4	4	4
30 70	4	4	4	4
50 50	4	4	4	4

Konsentrasi 10% Ekstrak Kulit Manggis

Rasio	1	2	3	$\bar{X}$
10 90	4	4	4	4
30 70	4	4	4	4
50 50	4	4	4	4

Konsentrasi 15% Ekstrak Kulit Manggis

Rasio	1	2	3	$\bar{X}$
10 90	4	4	4	4
30 70	4	4	4	4
50 50	4	4	4	4

Lampiran 4.4 Uji Daya Serap

Konsentrasi 0% Ekstrak Kulit Manggis

Rasio	1	2	3	$\bar{X}\ B0$ (gr)
10 90	6,55	6,27	6,96	6,593
30 70	3,81	4,06	3,56	3,81

Rasio	1	2	3	$\overline{X\ B1}$ (gr)
10 90	25,84	22,82	25,44	24,7
30 70	25,25	19,01	23,75	22,67

50 50	4,76	4,32	4,03	4,37

50 50	33,71	32,65	32,44	32,93

Konsentrasi 5% Ekstrak Kulit Manggis

Rasio	1	2	3	$\overline{X\ B0}$ (gr)
10 90	6,42	5,44	6,12	5,993
30 70	5,38	5,84	4,56	5,26
50 50	5,1	5,57	5,81	5,493

Rasio	1	2	3	$\bar{X}\ B1$ (gr)
10 90	26,8	21,21	20,42	22,81
30 70	26,05	29,43	19,28	24,92
50 50	27,72	18,21	20,94	22,29

Konsentrasi 10% Ekstrak Kulit Manggis

Rasio	1	2	3	$\overline{X\ B0}$ (gr)
10 90	6,93	6,09	7,38	6,8
30 70	3,38	3,78	3,81	3,657
50 50	4,18	4,17	4,5	4,283

Rasio	1	2	3	$\overline{X\ B1}$ (gr)
10 90	15,32	16,2	15,91	15,81
30 70	17,88	14,53	13,22	15,21
50 50	21,77	18,42	21,47	20,55

Konsentrasi 15% Ekstrak Kulit Manggis

Rasio	1	2	3	$\overline{X\ B0}$ (gr)
10 90	6,38	6,73	6,94	6,683
30 70	3,43	3,13	3,32	3,293
50 50	4,46	5,03	4,75	4,747

Rasio	1	2	3	$\overline{X\ B1}$ (gr)
10 90	24,12	22,27	18,18	21,52
30 70	16,9	17,23	15,21	16,45
50 50	21,75	22,22	27,37	23,78

Kapasitas Daya Serap *Bio-Film*

Rasio	B0	B1	DS 0%
10 90	6,593	24,7	3,74
30 70	3,81	22,67	5,95
50 50	4,37	32,93333	7,54

Rasio	B0	B1	DS 5%
10 90	5,993	22,81	3,81
30 70	5,26	24,92	4,74
50 50	5,493	22,29	4,06

Rasio	B0	B1	DS 10%
10 90	6,8	15,81	2,33
30 70	3,657	15,21	4,16
50 50	4,283	20,55333	4,80

Rasio	B0	B1	DS 15%
10 90	6,683	21,52333	3,22
30 70	3,293	16,44667	4,99
50 50	4,747	23,78	5,01

Lampiran 4.5 Uji Aktivitas Antibakteri *S. Aureus*

Konsentrasi ekstrak antibakteri	1	2	3	Rerata Diamater Zona Bening (mm)
5%	6,5	8,0	8,0	7,5
10%	8,0	9,0	9,0	8,7

15%	9,0	9,0	10,0	9,3

Lampiran 4.6 Uji FTIR

Gugus Fungsi	X cm^{-1}				Sumber Material
	0%	5%	10%	15%	
–OH(hidroksil)	3339.21	3291.75	3333.97	3339.05	Selulosa serat pisang, alginat, gliserol, fenolik ekstrak manggis, asam sitrat
C–H alifatik	-	2929.47	2925.44	-	Selulosa, gliserol, Alginat, CMC, Fenolik Ekstrak Manggis
COO^- asimetris	1631.11	1630.19	1634.30	1638.74	Natrium alginat, CMC, *Xanthone* Ekstrak Manggis, asam sitrat
COO^- simetris	1412.17	1413.15	1416.32	1432.65	Natrium alginat, CMC, asam sitrat
C=C aromatik	1598.49	-	1602.68	-	*Flavonoid/xanthone* ekstrak manggis
C–O fenolik	-	-	1281.07	1281.59	Senyawa aktif manggis
C–O–C / C–O alkohol	1033.26	1031.23	1030.28	1035.61	Selulosa, CMC, alginat

Lampiran 4.7 Uji Biodegradasi

Konsentrasi 0% Ekstrak Kulit Manggis

Rasio	1	2	3	$\overline{X\ B0}$ (gr)
10 90	0,39	0,51	0,31	0,403
30 70	0,31	0,24	0,26	0,27
50 50	0,28	0,23	0,16	0,223

Rasio	1	2	3	$\overline{XB1}$ (gr)	% Perubahan Massa
10 90	0,31	0,17	0,26	0,247	-38,84%
30 70	0,1	0,15	0,1	0,117	-56,79%
50 50	0,2	0,12	0,1	0,14	-37,31%

Konsentrasi 5% Ekstrak Kulit Manggis

Rasio	1	2	3	$\overline{X\ B0}$ (gr)
10 90	0,33	0,15	0,12	0,2
30 70	0,2	0,21	0,24	0,217
50 50	0,33	0,37	0,28	0,327

Rasio	1	2	3	$\overline{XB1}$ (gr)	% Perubahan Massa
10 90	0,17	0,13	0,27	0,19	-5,00%
30 70	0,14	0,15	0,11	0,133	-38,46%
50 50	0,21	0,17	0,11	0,163	-50,00%

Konsentrasi 10% Ekstrak Kulit Manggis

Rasio	1	2	3	$\overline{X\,B0}$ (gr)
10 90	0,36	0,25	0,35	0,32
30 70	0,17	0,2	0,29	0,22
50 50	0,15	0,12	0,2	0,157

Rasio	1	2	3	$\overline{XB1}$ (gr)	% Perubahan Massa
10 90	0,17	0,18	0,16	0,17	-46,88%
30 70	0,1	0,19	0,18	0,157	-28,79%
50 50	0,1	0,1	0,15	0,117	-25,53%

Konsentrasi 15% Ekstrak Kulit Manggis

Rasio	1	2	3	$\overline{X\,B0}$ (gr)
10 90	0,21	0,27	0,3	0,26
30 70	0,07	0,08	0,08	0,077
50 50	0,2	0,32	0,5	0,34

Rasio	1	2	3	$\overline{XB1}$ (gr)	% Perubahan Massa
10 90	0,26	0,24	0,26	0,253	-2,56%
30 70	0,07	0,06	0,06	0,063	-17,39%
50 50	0,12	0,15	0,12	0,13	-61,76%

LAMPIRAN 5

RUMUS PERHITUNGAN UJI STATISTIK (R)

Lampiran 5. 1. Uji Statistik Daya Serap

vx=c(3.95, 3.64, 3.66, 6.63, 4.68, 6.67, 7.08, 7.56, 8.05)

fx=factor(rep(c("10:90;0%", "30:70;0%", "50:50;0%"), c(3)))

TukeyHSD(aov(vx~fx))

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = vx ~ fx)

$fx				
	diff	lwr	upr	p adj
30:70;0%-10:90;0%	-0.5933333	-5.609396	4.422730	0.9307806
50:50;0%-10:90;0%	0.2400000	-4.776063	5.256063	0.9882120
50:50;0%-30:70;0%	0.8333333	-4.182730	5.849396	0.8694930

vx=c(4.17, 3.90, 3.34, 4.48, 5.04, 4.23, 5.44, 3.27, 3.60)

fx=factor(rep(c("10:90;5%", "30:70;5%", "50:50;5%"), c(3)))

TukeyHSD(aov(vx~fx))

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = vx ~ fx)

$fx				
	diff	lwr	upr	p adj
30:70;5%-10:90;5%	-0.6266667	-2.370022	1.1166885	0.5467464
50:50;5%-10:90;5%	-0.9733333	-2.716689	0.7700218	0.2756725
50:50;5%-30:70;5%	-0.3466667	-2.090022	1.3966885	0.8200974

vx=c(2.21, 2.66, 2.16, 5.29, 3.84, 3.47, 5.21, 4.42, 4.77)

fx=factor(rep(c("10:90;10%", "30:70;10%", "50:50;10%"), c(3)))

TukeyHSD(aov(vx~fx))

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = vx ~ fx)

$fx				
	diff	lwr	upr	p adj
30:70;10%-10:90;10%	-0.5966667	-4.016280	2.822947	0.8573722
50:50;10%-10:90;10%	-0.7700000	-4.189613	2.649613	0.7772770
50:50;10%-30:70;10%	-0.1733333	-3.592947	3.246280	0.9867831

vx=c(3.78, 3.31, 2.62, 4.93, 5.50, 4.58, 4.88, 4.42, 5.76)

fx=factor(rep(c("10:90;15%", "30:70;15%", "50:50;15%"), c(3)))

TukeyHSD(aov(vx~fx))

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = vx ~ fx)

$fx				
	diff	lwr	upr	p adj
30:70;15%-10:90;15%	-0.12	-3.06199	2.82199	0.9914145
50:50;15%-10:90;15%	-0.21	-3.15199	2.73199	0.9740172
50:50;15%-30:70;15%	-0.09	-3.03199	2.85199	0.9951584

Lampiran 5. 2. Uji Statistik Aktivitas Antibakteri

vx=c(6.5,8, 8, 8, 9, 9, 9, 9, 10)

fx=factor(rep(c("1", "2", "3"), c(3,3,3)))

TukeyHSD(aov(vx~fx))

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = vx ~ fx)

$fx				
	diff	lwr	upr	p adj
2-1	1.1666667	-0.5548918	2.888225	0.1745269
3-1	1.8333333	0.1117748	3.554892	0.0392104
3-2	0.6666667	-1.0548918	2.388225	0.5015189

Lampiran 5. 3. Uji Statistik Biodegradasi

vx=c(-20.51, -66.67, -16.13, -67.74, -37.50, -61.54, -28.57, -47.83, -37.50)

fx=factor(rep(c("10:90;0%", "30:70;0%", "50:50;0%"), c(3)))

TukeyHSD(aov(vx~fx))

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = vx ~ fx)

$fx				
	diff	lwr	upr	p adj
30:70;0%-10:90;0%	-11.72667	-65.32523	41.87190	0.7878624
50:50;0%-10:90;0%	0.55000	-53.04856	54.14856	0.9994537
50:50;0%-30:70;0%	12.27667	-41.32190	65.87523	0.7707969

vx=c(-48.48, -13.33, 125.00, -30.00, -28.57, -54.17, -36.36, -54.05, -60.71,)

fx=factor(rep(c("10:90;5%", "30:70;5%", "50:50;5%"), c(3)))

TukeyHSD(aov(vx~fx))

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = vx ~ fx)

$fx				
	diff	lwr	upr	p adj
30:70;5%-10:90;5%	-11.72667	-65.32523	41.87190	0.7878624
50:50;5%-10:90;5%	0.55000	-53.04856	54.14856	0.9994537
50:50;5%-30:70;5%	12.27667	-41.32190	65.87523	0.7707969

vx=c(-52.78, -28.00, -54.29, -41.18, -5.00, -37.93, -33.33, -16.67, -25.00,)

fx=factor(rep(c("10:90;10%", "30:70;10%", "50:50;10%"), c(3)))

TukeyHSD(aov(vx~fx))

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = vx ~ fx)

$fx				
	diff	lwr	upr	p adj

30:70;10%-10:90;10%	-11.72667	-65.32523	41.87190	0.7878624
50:50;10%-10:90;10%	0.55000	-53.04856	54.14856	0.9994537
50:50;10%-30:70;10%	12.27667	-41.32190	65.87523	0.7707969

vx=c(23.81, -11.11, -13.33, 0.00, -25.00, -25.00, -40.00, -53.13, -76.00)

fx=factor(rep(c("10:90;15%", "30:70;15%", "50:50;15%"), c(3)))

TukeyHSD(aov(vx~fx))

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

$fx				
	diff	lwr	upr	p adj
30:70;15%-10:90;15%	-24.350000	-98.22793	49.52793	0.5971660
50:50;15%-10:90;15%	-32.713333	-106.59126	41.16460	0.4175214
50:50;15%-30:70;15%	-8.363333	-82.24126	65.51460	0.9363480

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa	:	Nasywa Hanifah Anwar
NIM	:	22526003
Semester, Tahun Akademik	:	Ganjil, 2025/2026
Bentuk TA	:	Penelitian / ~~Perancangan~~
Mulai Masa Bimbingan TA	:	15 September 2025
Selesai Masa Bimbingan TA	:	27 Februari 2026
Judul TA	:	PENGEMBANGAN *ANTIBACTERIAL BIO-FILM* BERBASIS SERAT PELEPAH PISANG DAN NATRIUM ALGINAT MENGGUNAKAN EKSTRAK KULIT MANGGIS SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL *ABSORBENT* RAMAH LINGKUNGAN UNTUK PEMBALUT WANITA
Nama Dosen Pembimbing	:	Dr. Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

No.	Tanggal	Deskripsi Bimbingan	Paraf Dosen
1	28-Oct-25	Diskusi metode ekstrak dan bahan kimia yang dibutuhkan	
2	3-Nov-25	Diskusi pengujian dan variabel penelitian	
3	7-Nov-25	Diskusi teknis ekstrak dan pembuatan biofilm	
4	26-Nov-25	Diskusi metode pengujian sampel	
5	10-Dec-25	Diskusi ukuran pengujian sampel	
6	16-Dec-25	Diskusi sampel yg akan diujikan ke eksternal	
7	12-Jan-26	Diskusi penyusunan pembahasan BAB 4	
8	20-Jan-26	Diskusi hasil pengambilan data dan pembahasan	
9	27-Jan-26	Diskusi revisi akhir dan uji statistik	
10	4-Feb-26	Diskusi hasil statistik dan finalisasi pembahasan	

Yogyakarta, 5 Februari 2025
Dosen Pembimbing.

(Dr. Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.)

KARTU KONSULTASI REVISI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa	:	Nasywa Hanifah Anwar
NIM	:	22526003
Semester, Tahun Akademik	:	Ganjil, 2025/2026
Bentuk TA	:	Penelitian / ~~Perancangan~~
Mulai Masa Revisi TA	:	15 September 2025
Selesai Masa Revisi TA	:	27 Februari 2026
Judul TA	:	PENGEMBANGAN *ANTIBACTERIAL BIO-FILM* BERBASIS SERAT PELEPAH PISANG DAN NATRIUM ALGINAT MENGGUNAKAN EKSTRAK KULIT MANGGIS SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL *ABSORBENT* RAMAH LINGKUNGAN UNTUK PEMBALUT WANITA
Nama Dosen Penguji I	:	Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.

No.	Tanggal	Deskripsi Revisi	Paraf Dosen
1	9 Feb 2026	Penambahan sitasi pada latar belakang	
2	9 Feb 2026	Penyesuaian rumusan masalah dan tujuan	
3	9 Feb 2026	Penyesuaian daftar pustaka	
4	9 Feb 2026	Gambaran lapisan peletakan *bio-film*	
5	9 Feb 2026	Pengubahan diagram alur menjadi *flowchart*	
6	9 Feb 2026	Penambahan saran terkait pemakaian darah yang lebih mirip dengan darah asli	
7	9 Feb 2026	Penambahan saran terkait uji biodegradasi tanpa pupuk EM4	
8	9 Feb 2026	Memperjelas takaran bahan dalam kata "sedikit"	

Yogyakarta, 12 Februari 2026
Dosen Penguji I,

(Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.)

KARTU KONSULTASI REVISI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa	:	Nasywa Hanifah Anwar
NIM	:	22526003
Semester, Tahun Akademik	:	Ganjil, 2025/2026
Bentuk TA	:	Penelitian / ~~Perancangan~~
Mulai Masa Revisi TA	:	15 September 2025
Selesai Masa Revisi TA	:	27 Februari 2026
Judul TA	:	PENGEMBANGAN *ANTIBACTERIAL BIO-FILM* BERBASIS SERAT PELEPAH PISANG DAN NATRIUM ALGINAT MENGGUNAKAN EKSTRAK KULIT MANGGIS SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL *ABSORBENT* RAMAH LINGKUNGAN UNTUK PEMBALUT WANITA
Nama Dosen Penguji II	:	Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.

No.	Tanggal	Deskripsi Revisi	Paraf Dosen
1	9 Feb 2026	Penambahan alasan pemilihan lokasi dan tahun pelaksanaan	
2	9 Feb 2026	Penambahan spasi antar sub-bab	
3	9 Feb 2026	Penyesuaian ukuran gambar 8x6/6x8 cm	
4	9 Feb 2026	Memperjelas bahan dan proses yang digunakan pada diagram alur	
5	9 Feb 2026	Memperjelas sumber bahan	
6	9 Feb 2026	Memperdalam pembahasan terkait tidak tercapainya SNI di uji daya serap	
7	9 Feb 2026	Melengkapi dokumentasi produk *bio-film*	

Yogyakarta, 12 Februari 2026
Dosen Penguji II,

(Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.)

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

SURAT PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING
PRODI REKAYASA TEKSTIL FTI UII

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Yang bertanda tangan di bawah ini, Dosen Pembimbing Tugas Akhir di lingkungan Prodi Rekayasa Tekstil Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia menerangkan:

1. Nama : Nasywa Hanifah Anwar
   NIM : 22526003

Bahwa mahasiswa tersebut di atas telah menyelesaikan draft laporan Tugas Akhir dan dapat mendaftarkan diri pada ujian pendadaran dengan melengkapi persyaratan yang diperlukan. Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 5 Februari 2026

Dosen Pembimbing,

Dr. Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

SURAT KETERANGAN BEBAS LABORATORIUM
PRODI REKAYASA TEKSTIL FTI UII

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Yang bertanda tangan di bawah ini, Kepala Laboratorium (Kalab) di lingkungan Prodi Rekayasa Tekstil Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia menerangkan:

1. Nama : Nasywa Hanifah Anwar
   NIM : 22526003

Bahwa mahasiswa tersebut di atas tidak memiliki pinjaman atau tanggungan terhadap bahan baku atau peralatan laboratorium di lingkungan Prodi Rekayasa Tekstil FTI UII.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Mengetahui:

No	Laboratorium	Nama Kalab	Tanda Tangan	Tanggal
1	Manufaktur dan Pengujian Tekstil	Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.		05/02/26
2	Desain Produk Tekstil	Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.		05/2'26
3	Proses Kimia Tekstil dan Teknologi Nano	Feris Firdaus, S.Si., M.Sc.		5-2-2026
4	Tekstil Fungsional	Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.		5-2-2026