

***Greenes Values* Ekstraksi Gelatin dari Limbah Kulit Ikan
Lubiem (Canthidermis maculata) Menggunakan Pelarut Asam
Belimbing Wuluh (*Averrhoa Blimbi L*)**

SKRIPSI

Diajukan Oleh:

SILVI NABILLA

NIM. 210208019

**Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Program Studi Pendidikan Kimia**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2025 M/1446 H**

**Greenes Values Ekstraksi Gelatin dari Limbah Kulit Ikan
Lubiem (*Canthidermis maculata*) Menggunakan Pelarut Asam
Belimbing Wuluh (*Averrhoa Blimbi L*)**

Skripsi

Diajukan kepada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK) UIN Ar-Raniry Banda
Aceh sebagai Salah Satu Persyaratan Penulisan Skripsi
dalam Ilmu Pendidikan Kimia



Disetujui oleh:

Pembimbing

Muammar Yulian, M. Si
NIP.1984113020064 002

**Greenes Values Ekstraksi Gelatin dari Limbah Kulit Ikan
Lubiem (*Canthidermis maculata*) Menggunakan Pelarut Asam
Belimbing Wuluh (*Averrhoa Blimbi L*)**

SKRIPSI

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi Fakultas Tarbiyah dan
Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh dan
dinyatakan Lulus Serta Diterima sebagai Salah Satu Beban Studi untuk
Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Pendidikan Kimia

Pada Hari/Tanggal :


Senin, 13 Januari 2025
13 Rajab 1446 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi:

Ketua,


Sekretaris



Muammar Yulian, M. Si
NIP. 19841130206041002


Hayatuz Zakiyah, M.Pd
NIDN. 0108128704

Penguji I,

Penguji II,


Adean Mavasri, M.Sc
NIP. 199203122018012002


Muhammad Reza, M.Si
NIP. 199402122020121015

Mengetahui:

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry
Darussalam, Banda Aceh



Prof. Safrud Dzulki, S.Ag., MA., M.Ed., Ph.D.
NIP. 197301021997031003

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Silvi Nabilla

NIM : 210208019

Prodi : Pendidikan Kimia

Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Judul Skripsi : *Greenes Values* Ekstraksi Gelatin dari Limbah Kulit Ikan *Lubiem* (*Canthidermis maculata*) Menggunakan Pelarut Asam Belimbing Wuluh (*Averrhoa Blimbi L.*)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penelitian skripsi, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber ahli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 13 Januari 2025

Menyatakan,



SILVI NABILLA

ABSTRAK

Nama : Silvi Nabilla
NIM : 210208019
Fakultas/Prodi : Fakultas Tarbiyah dan Keguruan/Pendidikan Kimia
Judul : *Greenness Values Ekstraksi Gelatin Kulit Ikan Lubiem (Canthidermis maculata) Menggunakan Pelarut Asam Belimbing Wuluh (Averrhoa Blimbi L.)*
Tempat Sidang : Ruang Sidang 6 FTK UIN Ar- Raniry
Tebal Skripsi : 83 halaman
Pembimbing : Muammar Yulian, M.Si
Kata Kunci : *Greenness values*, Gelatin, Kulit Ikan *Lubiem (Canthidermis maculata)*, AGREEprep

Ikan *Lubiem (Cahnthidermis maculata)* menjadi salah satu alternatif sumber gelatin yang aman dan halal karena mengandung nutrisi protein 60,94%, lemak 9,3%, fosfor 3,1%, serat kasar 0,92%, dan kalsium 5,73%. Metode ekstraksi gelatin umumnya menggunakan pelarut sintesis yang dikhawatirkan akan berdampak bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik gelatin serta *greenness values* terhadap metode ekstraksi gelatin dari kulit Ikan *Lubiem (Canthidermis maculata)* menggunakan pelarut alami asam belimbing wuluh (*Averrhoa Blimbi L.*). Pembuatan gelatin terdiri dari tahapan *degreasing*, *demineralisasi*, ekstraksi, dan pengeringan. Ekstraksi gelatin dilakukan pada suhu 80°C selama 24 jam. Evaluasi *greenness values* dilakukan menggunakan *software* AGREEprep yang didasarkan pada sepuluh prinsip *green sample preparation*. Karakteristik gelatin kulit ikan *lubiem* menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*) menghasilkan lima puncak serapan yaitu amida A, amida B, amida I amida II, dan amida III. Uji fisikokimia gelatin menghasilkan rendemen sebesar 11,53%, kadar air 8,71%, kadar abu 0,1%, pH 4,71, viskositas 20 mPas dan kekuatan gel 44,01 bloom. Evaluasi *greenness values* dari metode ekstraksi yang digunakan dalam pembuatan gelatin kulit ikan *lubiem* adalah 0,65 yang menunjukkan tingkat kehijauan yang baik dan efektif untuk menghasilkan gelatin dengan kualitas baik.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan mengucap Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan penulis begitu banyak rahmat dan nikmat, baik itu berupa nikmat kesehatan, maupun nikmat yang lainnya. Shalawat dan salam senantiasa penulis curahkan kepada baginda Rasulullah SAW yang telah membimbing umat manusia menuju alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan. Sehingga berkat rahmat dan petunjuk-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Greenes Values Ekstraksi Gelatin dari Limbah Kulit Ikan *Lubiem (Canthidermis maculata)* Menggunakan Pelarut Asam Belimbing Wuluh (*Averrhoa Blimbi L*)**” sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S-1) di UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Dalam penulisan skripsi ini penulis menyadari sepenuhnya bahwa keterbatasan kemampuan dan kurangnya pengalaman, banyaknya hambatan dan kesulitan senantiasa penulis temui dalam penyusunan skripsi ini. Dengan terselesaikannya proposal ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, Bapak Prof. Safrul Muluk, S. Ag., M. Ed., Ph.D, Bapak Wakil Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry serta karyawan di lingkungan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry
2. Ibu Sabarni S.Pd.I., M.Pd selaku ketua Prodi Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Bapak Teuku

Badlisyah M.Pd sebagai Sekretaris Prodi Pendidikan Kimia beserta seluruh staffnya.

3. Bapak Muammar Yulian M.Si selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan arahan, motivasi, semangat serta nasehat kepada penulis selama penyusunan skripsi.
4. Ibu Nizar selaku laboran Kimia di Laboratorium Multifungsi dan Bapak Haris Munandar, M.Pd selaku Ketua Laboratorium Pendidikan Kimia yang telah membantu penulis selama penelitian
5. Ayahanda Ferynaldy S.Pd., M.Pd, Ibunda Linda Hafsari, saudara kandung penulis, Muhammad Hafis, Bella Tarisahfira S.Pd, Muhammad Habibie, dan Shafa Shahira yang senantiasa memberikan semangat, motivasi, dukungan serta do'a tulus kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Syifaul Rahma, Lisyah Miftahul Jannah, dan Muhammad Haikal Wali selaku rekan riset gelatin dari limbah ikan lubiem yang selalu membantu, membimbing, menemani serta memberikan semangat kepada penulis selama penelitian hingga selesainya skripsi ini.
7. Seluruh teman-teman angkatan 2021 yang menjadi teman terbaik untuk penulis selama perkuliahan hingga titik ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritikan dan saran yang membangun sehingga membantu penulis untuk memperbaiki penulisan skripsi ini.

Penulis juga berharap semoga skripsi ini bisa bermanfaat dan berguna di kalangan pembaca.

Banda Aceh, 13 Januari 2025

Penulis,



SILVI NABILLA
NIM.210208019



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	
LEMBAR PENGESAHAN SIDANG	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR PERSAMAAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Ruang Lingkup Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Gelatin.....	6
1. Proses Konversi Kolagen menjadi Gelatin.....	7
2. Sifat Gelatin.....	8
B. Sumber Gelatin	10
1. Mamalia	10
2. Ikan.....	10
C. Ekstraksi Gelatin	12
D. Prinsip Kimia Hijau dalam Ekstraksi Gelatin	14
E. Belimbing Wuluh (<i>Averrhoa Blimbi</i>)	15
F. Evaluasi Metode Ekstraksi Gelatin.....	16
1. <i>Greenes Values</i>	16
2. AGREEprep	17
3. Bobot kriteria	25
G. Spektroskopi FTIR	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Garis Besar Penelitian	29
B. Alat dan Bahan.....	29
1. Alat	29
2. Bahan	29
C. Waktu dan Tempat	29
D. Prosedur Kerja.....	30
1. Preparasi Kulit Ikan	30
2. Preparasi Pelarut Asam	30
3. Ekstraksi Gelatin	30
E. Teknik Analisis Data Gelatin	31
1. Karakterisasi Gelatin dengan FTIR.....	31
2. Uji Rendemen	32
3. Analisis Kadar Air	32
4. Analisis Kadar Abu.....	32
5. Analisis pH.....	33

6. Analisis Viskositas	33
7. Analisis Kekuatan Gel	33
F. Analisis <i>Greenes Values</i> Metode Ekstraksi	34
1. <i>Favor In-Situ Sample Preparation</i>	34
2. <i>Use safer solvents and reagents</i>	34
3. <i>Target sustainable, reusable, and renewable materials</i>	34
4. <i>Minimize waste</i>	35
5. <i>Minimize sample, chemical and material amounts</i>	35
6. <i>Maximize sample throughput</i>	35
7. <i>Integrate steps and promote automation</i>	35
8. <i>Minimize energy consumption</i>	36
9. <i>Choose the greenest possible post-sample preparation</i> <i>configuration for analysis</i>	37
10. <i>Ensure safe procedures for the operator</i>	37
G. Diagram Alir Penelitian	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Ekstraksi Gelatin Kulit Ikan <i>Lubiem</i>	40
B. Karakterisasi dan Sifat Fisikokimia Gelatin	44
1. Karakterisasi FTIR	45
2. Rendemen.....	47
3. Kadar Air.....	48
4. Kadar Abu	49
5. Derajat Keasaman (pH).....	50
6. Kekuatan Gel.....	50
7. Viskositas	51
C. <i>Greenes Values</i>	53
1. <i>Favor In-Situ Sample Preparation</i>	54
2. <i>Use safer solvents and reagents</i>	55
3. <i>Target sustainable, reusable, and renewable materials</i>	56
4. <i>Minimize waste</i>	57
5. <i>Minimize sample, chemical and material amounts</i>	58
6. <i>Maximize sample throughput</i>	59
7. <i>Integrate steps and promote automation</i>	61
8. <i>Minimize energy consumption</i>	62
9. <i>Choose the greenest possible post-sample preparation</i> <i>configuration for analysis</i>	64
10. <i>Ensure safe procedures for the operator</i>	65
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	68
B. Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....	70
LAMPIRAN	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Struktur kimia gelatin	7
Gambar 2.2	: Struktur Kolagen.....	8
Gambar 2.3	: Ikan Lubiem (<i>Canthidermis maculata</i>)	11
Gambar 2.4	: Belimbing Wuluh (<i>Averrhoa Blimbi L.</i>)	16
Gambar 2.5	: Prinsip <i>Green Sample Preparation</i>	17
Gambar 2.6	: Proses perubahan sinyal pada sistem spektroskopi FTIR.	26
Gambar 3.1	: Diagram Alir Penelitian Gelatin	39
Gambar 4.1	: Preparasi Kulit Ikan.....	40
Gambar 4.2	: Proses <i>degreasing</i>	41
Gambar 4.3	: (a) Proses <i>demineralisasi</i> (b) Ossein.....	41
Gambar 4.4	: (a) Ekstraksi menit ke-0 (b) Ekstraksi setelah 120 menit.....	42
Gambar 4.5	: Proses pengeringan Gelatin.....	43
Gambar 4.6	: Spektrum FTIR Gelatin Kulit Ikan <i>Lubiem</i>	45
Gambar 4.7	: Hasil Pengujian Kadar Abu Gelatin.....	49
Gambar 4.8	: <i>Greenes Values</i> Kriteria 1	55
Gambar 4.9	: <i>Greenes Values</i> Kriteria 2	56
Gambar 4.10	: <i>Greenes Values</i> Kriteria 3	57
Gambar 4.11	: <i>Greenes Values</i> Kriteria 4	58
Gambar 4.12	: <i>Greenes Values</i> Kriteria 5	59
Gambar 4.13	: <i>Greenes Values</i> Kriteria 6	60
Gambar 4.14	: <i>Greenes Values</i> Kriteria 7	62
Gambar 4.15	: <i>Greenes Values</i> Kriteria 8	63
Gambar 4.16	: <i>Greenes Values</i> Kriteria 9	65
Gambar 4.17	: Hasil akhir <i>Greenes Values</i>	68



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Karakteristik gelatin.....	9
Tabel 2.2	: Bobot kriteria <i>Greennes Values</i>	25
Tabel 2.3	: Daerah serapan pada FTIR	27
Tabel 4.1	: Karakteristik Gelatin Kulit Ikan <i>Lubiem</i>	44
Tabel 4.2	: Perbandingan Puncak Serapan Gelatin	46
Tabel 4.3	: Perbandingan Parameter Gelatin Kulit Ikan <i>Lubiem</i>	52



DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 3.1 : Uji Rendemen	32
Persamaan 3.2 : Kadar Air	32
Persamaan 3.3 : Kadar Abu.....	33
Persamaan 3.4 : Skor kriteria 2.....	34
Persamaan 3.5 : Skor kriteria 4	35
Persamaan 3.6 : Skor kriteria 5	35
Persamaan 3.7 : Skor kriteria 6	35



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	: Hasil Fisikokimia Gelatin.....	78
Lampiran 2	: Spektrum FTIR Gelatin	78
Lampiran 3	: Perhitungan Analisis Fisikokimia Gelatin.....	79
Lampiran 4	: Perhitungan <i>Greenes values</i>	80
Lampiran 5	: Dokumentasi.....	81



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Gelatin merupakan suatu polipeptida yang diperoleh dari hasil ekstraksi melalui hidrolisis kolagen dalam jaringan hewan, termasuk kulit, daging, dan tulang (Syahputra et al., 2022). Dalam beberapa tahun terakhir, permintaan gelatin di Indonesia terus mengalami peningkatan yang pesat seiring dengan pemanfaatannya yang sangat luas, terutama dalam industri makanan, farmasi, dan kosmetik, di mana gelatin berfungsi sebagai bahan baku esensial yang berperan sebagai pengental, stabilisator, dan agen pembentuk tekstur. Kebutuhan gelatin di Indonesia umumnya masih dipenuhi melalui impor dari beberapa negara seperti Amerika, Cina, Australia, dan beberapa negara Eropa lainnya. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik tahun 2023, jumlah impor gelatin mencapai 2,45 juta kg hingga bulan November (Mutiar et al., 2023).

Gelatin komersial biasanya diproduksi dari bahan baku berupa babi dan sapi. Namun, kedua jenis mamalia ini menjadi permasalahan di Indonesia terkait isu kehalalan dan keamanannya (Syahputra et al., 2022). Seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya produk halal, sehingga perlu dikembangkan alternatif sumber gelatin yang tidak hanya halal tetapi juga berkelanjutan. Salah satu inovasi terbaru dalam mengatasi permasalahan tersebut dan menjadi solusi untuk mengurangi ketergantungan impor gelatin yaitu dengan memanfaatkan limbah ikan sebagai bahan baku sumber gelatin.

Limbah ikan berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber gelatin karena tersusun dari asam amino glisin, prolin, dan hidrosiprolin (Sugihartono et al 2019).

Provinsi Aceh menjadi salah satu provinsi di Indonesia yang dikenal memiliki potensi perikanan yang cukup besar dengan luas perairan laut 295.370 km² (DKP 2024). Ikan *lubiem* (*Canthidermis maculata*) merupakan salah satu komoditi perikanan yang banyak dijumpai di perairan Aceh (Rizki et al., 2020). Dalam pengolahannya, ikan *lubiem* sering dijadikan bahan baku dalam pembuatan ikan asin dan dendeng yang pengolahannya hanya menggunakan daging dan menyisakan limbah kulit, tulang dan kepala.

Sejauh ini, limbah ikan *lubiem* sudah dimanfaatkan sebagai olahan dalam tepung ikan dan ransum. Selain itu, juga mulai dikembangkan dalam produksi gelatin dan terbukti memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai alternatif bahan dasar gelatin. Produksi gelatin berbahan dasar ikan pada dasarnya melalui proses yang sama seperti pembuatan gelatin secara umum yaitu dimulai dengan pencucian, perendaman (*demineralisasi*), ekstraksi, dan pengeringan (Ismed et al., 2023).

Salah satu tahapan yang penting dalam pembuatan gelatin yaitu perendaman (*demineralisasi*). Karena proses ini berpengaruh dalam menentukan kualitas gelatin yang dihasilkan. Terdapat dua jenis proses perendaman yaitu tipe A (proses asam) dan tipe B (proses basa). Penelitian yang memanfaatkan limbah ikan sebagai bahan baku sumber gelatin biasanya melibatkan perendaman tipe A karena penggunaan asam dapat mempersingkat waktu hidrolisis di mana asam dapat mengubah struktur *triple helix* kolagen menjadi rantai tunggal, sementara perendaman dalam larutan basa dengan waktu yang sama hanya mampu menghasilkan struktur rantai ganda (Ward & Courst, 1977).

Larutan asam yang digunakan pada proses perendaman tipe A ini beragam baik berupa asam organik maupun anorganik (Ward & Courst, 1977). Asam yang digunakan ini biasanya berasal dari hasil sintesis kimia dan masih jarang yang memanfaatkan asam alami dalam prosesnya. Padahal, penggunaan larutan bahan kimia sintesis berpotensi menimbulkan permasalahan serius bagi lingkungan akibat limbah yang dihasilkan. Dalam mengatasi isu keberlanjutan, gagasan kimia hijau (*Green Chemistry*) menjadi sangat penting dengan mengembangkan metode ekstraksi yang lebih ramah lingkungan. Salah satu pendekatan yang saat ini menjadi fokus utama dalam penerapan kimia hijau adalah preparasi sampel hijau (*Green Sample Preparation*) yang menekankan pada penyederhanaan, miniaturisasi, dan otomatisasi proses (López-Lorente et al., 2022).

Ekstraksi hijau merupakan metode yang sejalan dengan pendekatan *Green Sample Preparation* yang berfokus pada pengembangan dan perancangan proses ekstraksi dengan tujuan mengurangi penggunaan energi, memanfaatkan pelarut alternatif serta bahan alami yang dapat diperbarui, serta memastikan keamanan dan kualitas tinggi dari ekstrak atau produk yang dihasilkan (Chemat et al., 2015).

Saat ini, penerapan metode ekstraksi hijau dalam proses ekstraksi gelatin sudah mulai dikembangkan dalam beberapa penelitian seperti dalam penelitian Atma dkk (2018) dengan memanfaatkan tulang ikan patin sebagai sumber gelatin dan limbah buah nanas sebagai pelarut asam alami. Selain itu, dalam penelitian Lisy (2024) proses ekstraksi gelatin dari kulit ikan *lubiem* juga memanfaatkan asam alami dari belimbing wuluh yang diekstraksi dengan metode ultrasonikasi dan menghasilkan gelatin sesuai SNI. Namun, evaluasi untuk menghitung nilai

kehijauan dan menilai keberlanjutan atau *Greenes Values* terhadap metode ekstraksi berdasarkan pendekatan *Green Sample Preparation* ini masih jarang dilakukan. Berdasarkan permasalahan di atas, maka penelitian ini akan menilai tingkat kehijauan (*Greenes values*) metode ekstraksi gelatin dari limbah kulit ikan *lubiem* dengan pelarut alami asam belimbing wuluh menggunakan *software* AGREEprep.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, rumusan masalah yang dapat ditentukan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik gelatin yang dihasilkan dari limbah kulit ikan *lubiem* (*Canthidermis maculata*) menggunakan asam belimbing wuluh (*Averrhoa Blimbi L*)?
2. Bagaimana *Greenes values* (nilai kehijauan) terhadap metode ekstraksi gelatin dari limbah kulit ikan *lubiem* (*Canthidermis maculata*) menggunakan asam belimbing wuluh (*Averrhoa Blimbi L*)?

C. Tujuan Penelitian

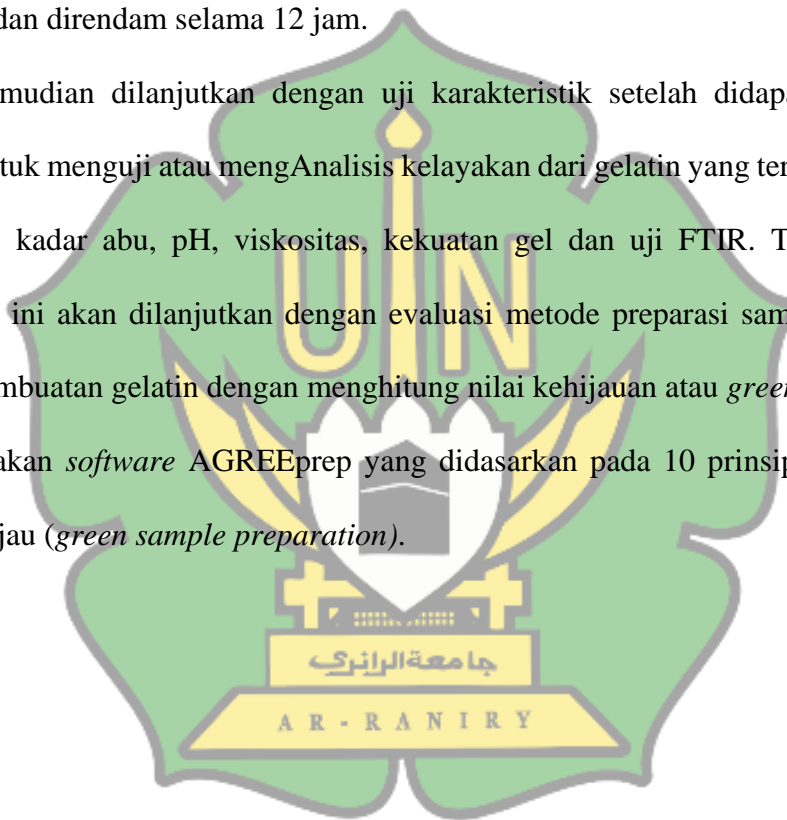
Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik gelatin yang dihasilkan dari limbah kulit ikan *lubiem* (*Canthidermis maculata*) menggunakan pelarut asam belimbing wuluh (*Averrhoa Blimbi L*)
2. Mengetahui *Greenes values* (nilai kehijauan) terhadap metode ekstraksi gelatin dari limbah kulit ikan *lubiem* (*Canthidermis maculata*) menggunakan asam belimbing wuluh (*Averrhoa Blimbi L*)

D. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini menggunakan limbah kulit ikan *lubiem* (*Canthidermis maculata*) sebagai bahan baku sumber gelatin. Proses pembuatan gelatin dilakukan pada suhu ekstraksi 80°C dengan waktu ekstraksi yaitu 24 jam. Perlakuan ini mengacu pada kondisi optimal pada penelitian (Miftahul Jannah,2024). Jenis larutan asam yang digunakan yaitu larutan asam belimbing wuluh dengan rasio yang digunakan adalah 1:5 (b/v) dan direndam selama 12 jam.

Kemudian dilanjutkan dengan uji karakteristik setelah didapatkan hasil gelatin untuk menguji atau menganalisis kelayakan dari gelatin yang terdiri dari uji kadar air, kadar abu, pH, viskositas, kekuatan gel dan uji FTIR. Tahap akhir penelitian ini akan dilanjutkan dengan evaluasi metode preparasi sampel selama proses pembuatan gelatin dengan menghitung nilai kehijauan atau *greennes values* menggunakan *software* AGREEprep yang didasarkan pada 10 prinsip persiapan sampel hijau (*green sample preparation*).



BAB II KAJIAN PUSTAKA

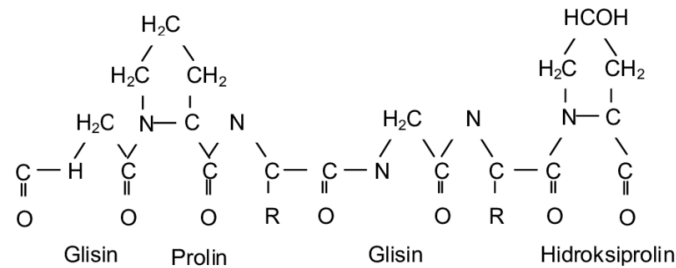
A. Gelatin

Gelatin merupakan salah satu jenis protein konversi yang diperoleh melalui hidrolisis kolagen dari kulit, tulang, dan jaringan fibrosa putih pada hewan (Siburian et al., 2020). Istilah gelatin berasal dari bahasa Latin yaitu “*gelatus*” yang berarti kuat atau kokoh. Gelatin terdiri dari 50,50% C; 6,80% H; 17,0% N dan 25,50% O. Secara fisik gelatin berbentuk padat dan memiliki karakteristik transparan, tidak berasa dan tidak berbau. Gelatin memiliki berbagai manfaat seperti sebagai bahan penstabil, pembentuk gel, pengikat, pengental, pengemulsi, dan pembungkus dalam produk makanan (Aris et al., 2020).

Pada dasarnya gelatin merupakan klasifikasi protein, namun tidak dapat digolongkan protein lengkap karena di dalam gelatin tidak terdapat asam amino triptofan. Gelatin tersusun dari pengulangan asam amino glisinprolin-prolin atau glisin-prolin-hidroksiprolin dengan komposisi asam aminonya hampir mirip dengan kolagen, dimana glisin menjadi asam amino utama yang menyusun 2/3 dari total asam amino penyusun gelatin, dan 1/3 sisanya terdiri dari asam amino prolin dan hidroksiprolin. Asam amino ini terikat bersama melalui ikatan peptida dan membentuk gelatin (Siburian et al., 2020).

Menurut Glicksman (1969) Persentase kandungan amino yang banyak terkandung di dalam gelatin yaitu glisin (26,4-30,5%), prolin (16,2-18%), hidroksiprolin (7-15%), asam glutamat (11,3-11,7%), lisin (4,1-5,2%), arginin (8,3-9,1%), dan alanin (8,6-10,7%). Sedangkan gelatin ikan mengandung asam amino 16 antara lain glisin (21,8%), prolin (6,8%), hidroksiprolin (10,5%), asam glutamat

(13,7%), lisin (4,5%), arginin (10,6%) dan alanin (8,5%)



Gambar 2.1 Struktur kimia gelatin (Sumber : Tazwir et al., 2014)

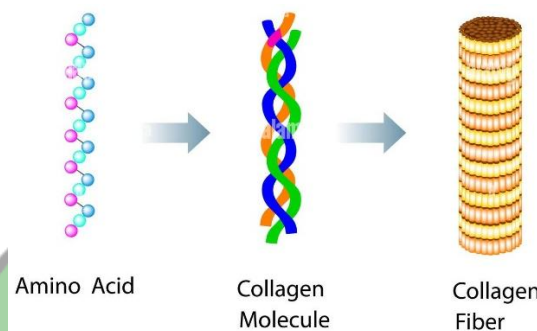
1. Proses Konversi Kolagen Menjadi Gelatin

Kolagen adalah komponen utama yang terdapat di dalam jaringan ikat putih (*white connective tissue*) yang merupakan protein alami. Kolagen terdapat pada seluruh bagian tubuh, yang menyusun sekitar 30% dari total protein dalam jaringan dan organ tubuh hewan vertebrata maupun invertebrata (Ward & Courst, 1977). Pada hewan vertebrata kolagen terdapat dalam tulang, tendon, kulit, dan jaringan lainnya sedangkan pada hewan invertebrata kolagen merupakan bahan penyusun tubuh yang berperan untuk membentuk struktur tubuh (Poppe, 1992).

Kolagen tersusun dari molekul dasar yang umumnya disebut dengan tropokolagen. Kolagen terdiri dari tiga rantai polipeptida, di mana setiap rantai polipeptida tersebut saling berpilin membentuk struktur *triple helix* dari rangkaian asam amino yang berulang yaitu glisin, prolin dan hidroksiprolin (Gelse et al., 2003). Kolagen mengandung sekitar 35% glisin dan 11% alanin, dengan kandungan prolin dan 4-hidroksiprolin yang tinggi. Keduanya merupakan asam amino yang jarang ditemukan pada protein selain pada kolagen dan elastin (Katili, 2009).

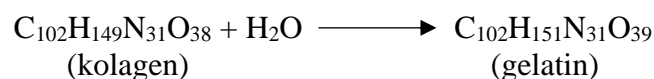
Kolagen dapat dihasilkan dari mamalia. Selain itu, juga dapat diisolasi dari ikan seperti bagian sisik, kulit dan tulang ikan. Kolagen yang diisolasi dari ikan

memiliki struktur protein yang kompleks serta struktur molekul yang lebih kecil jika dibandingkan dengan kolagen yang dihasilkan dari sumber mamalia, sehingga lebih mudah diserap oleh tubuh (Manikyam et al., 2011). Kolagen memiliki kapasitas penyerapan air yang tinggi sehingga menjadi komponen yang baik untuk pemberi tekstur, pengental, dan pembentuk gel



Gambar 2.2 Struktur kolagen (sumber: alamy.com)

Tropokolagen dapat mengalami denaturasi dengan adanya pemanasan atau dengan perlakuan menggunakan asam, basa, urea, dan potassium permanganat. Selain itu, suhu yang digunakan dalam proses ekstraksi mengakibatkan serabut kolagen menyusut. Sehingga serabut *triple helix* pecah menjadi lebih panjang dan menjadi lilitan acak yang larut di dalam air yang disebut dengan gelatin (Miskah et al., 2010). Pada dasarnya perubahan kolagen menjadi gelatin disebabkan oleh perendaman pada proses *pre-treatment* dan proses ekstraksi. Adapun mekanisme reaksinya adalah sebagai berikut:



(Sumber: Suryati et al., 2017)

2. Sifat gelatin

Sifat gelatin dibedakan menjadi sifat fisik dan kimia. Sifat fisik gelatin mencakup kemampuan gelatin dalam membentuk kekuatan gel, warna dan

kelarutan. Sifat kimia gelatin mencakup struktur kimia, komposisi, berat molekul, sifat elektro listrik dan amfoter. Secara fisik dan kimia gelatin berbentuk bening kaca, tidak berasa, tidak berbau, bewarna kuning pucat hingga kuning kecoklatan. Warna gelatin yang dihasilkan dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan dan juga proses ekstraksi (Agustin, 2013).

Gelatin dapat larut dalam air, asam sitrat serta pelarut alkohol seperti gliserol, sorbitol, dan propilen glycol namun tidak dapat larut dalam alkohol, aseton, dan pelarut organik lainnya (Capriyanda & Mujiburohman, 2021). Berat molekul gelatin yaitu sebesar 15.000 hingga 250.000 dan titik isoelektrik yang dimiliki sebesar 7,0-9,5. Gelatin memiliki sifat amfoter dan tergolong protein khas karena dapat berperan sebagai asam dan basa. Sehingga dalam keadaan asam gelatin akan bermuatan positif dan dalam basa, gelatin bermuatan negatif (Agustin, 2013). Dan salah satu sifat unik yang menjadikan gelatin lebih disukai dibandingkan bahan gel lainnya adalah dapat mengembang jika dicelupkan dalam air dingin dan akan mencair menjadi larutan jika dicelupkan dalam air panas (Oktaviani et al., 2017).

Berdasarkan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) 2018 dan Gelatin *Manufactures Institute of America* (GMIA) 2019 karakteristik gelatin dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Karakteristik gelatin

Karakteristik	SNI	GMIA
Kadar air (%)	Maks. 12	-
Kadar abu (%)	Maks. 3	0,3-2
Viskositas (mPas)	Min.15	15-75
Kekuatan gel (bloom)	Min.75	50-300
pH	3.8-7.5	3.8-5.5
Warna	Tidak bewarna-kekuningan	Tidak bewarna-kekuningan

(Sumber: SNI 8662:2018 dan GMIA 2019)

B. Sumber Gelatin

1. Mamalia

Pada umumnya sumber gelatin dapat diperoleh dari hewan terutama mamalia seperti babi, sapi, kambing, dan jenis mamalia lainnya yang memiliki kandungan protein tinggi. Gelatin komersial yang sering ditemukan biasanya berbahan dasar dari jenis mamalia babi dan sapi. Namun, penggunaan kedua jenis mamalia tersebut menjadi kendala bagi sebagian masyarakat Indonesia dari aspek sosial-budaya mengenai kehalalannya.

2. Ikan

Selain mamalia, ikan juga berpotensi menjadi salah satu sumber gelatin karena ikan juga mengandung banyak mineral dan tinggi protein. Menurut Yustika (2000) protein ikan juga tersusun dari asam amino glisin, prolin, dan hidroksprolin yang merupakan asam amino pada semua gelatin. Sumber kolagen pada ikan terdapat pada kulit, tulang, dan sisik. Kolagen tersebut diperoleh melalui proses ekstraksi. Penggunaan ikan sebagai bahan baku sumber pembuat gelatin dapat mengatasi permasalahan konsumen serta dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

Pemanfaatan ikan sebagai bahan baku sumber gelatin saat ini sudah banyak ditemukan dalam beberapa penelitian dengan jenis ikan yang sangat beragam. Salah satu jenis ikan yang dapat dijadikan alternatif bahan baku sumber gelatin adalah ikan *lubiem* (*Canthidermis maculata*). Ikan *lubiem* merupakan spesies ikan demersal yang biasanya ditemukan di perairan dangkal, khususnya di wilayah Provinsi Aceh (Akbaradiansyah et al., 2018). Ikan *lubiem* memiliki beragam nama

lokal, seperti ikan kambing-kambing, ikan pogot, dan ikan etong. Di dalam ikan *lubiem* terkandung nutrisi protein 60,94%, lemak 9,3%, fosfor 3,1%, serat kasar 0,92%, dan kalsium 5,73%.

Dalam pemanfaatannya sebagai bahan olahan pangan, ikan *lubiem* masih sering menyisakan limbah kulit dan kepala. Hal ini dikarenakan ikan *lubiem* memiliki kulit yang tebal dan struktur yang keras sehingga tidak dapat di olah secara maksimal oleh masyarakat. Seiring dengan hal tersebut, limbah kulit ikan yang masih kaya akan kolagen berpotensi dimanfaatkan sebagai alternatif sumber gelatin, seperti yang dilaporkan dalam beberapa penelitian. Selain itu, kulit ikan merupakan bahan baku yang baik untuk mengisolasi kolagen dalam pembuatan gelatin karena 80% protein yang diperoleh dari kolagen terdapat pada kulit ikan (Rahmawan Kusa et al., 2022).



Gambar 2.3 Ikan *Lubiem* (Sumber: Syarafina, 2023)

Berikut klasifikasi ikan *lubiem* (*Canthidermis maculata*) menurut *World Register of Marine Species* :

Kingdom : Animalia

Filum : Chordata

Kelas : Teleostei

Ordo : Tetraodontiformers
Famili : Balistidae
Genus : *Canthidermis*
Spesies : *Canthidermis maculat*

Ikan *lubiem* memiliki beberapa ciri morfologi yang membedakannya dari genus lain. Salah satu ciri khasnya adalah ikan *lubiem* tidak memiliki sisik tulang yang besar di area belakang bukan insang, yang biasa sering ditemukan pada spesies dalam famili yang sama. Ciri lainnya yaitu letak mulut yang berada di posisi terminal atau bagian depan tubuh. Selain itu, bentuk pipi ikan terlihat halus tanpa lekukan yang menonjol dan terdapat sisik di area pipi. Ikan *lubiem* memiliki panjang tubuh sekitar 50 cm, dengan warna tubuh yang bervariasi dari coklat tua hingga hitam dan terdapat banyak bintik-bintik putih yang tidak teratur pada tubuh dan sirip (Matsunuma et al., 2020).

C. Ekstraksi Gelatin

Ekstraksi merupakan proses pemisahan suatu bahan dari campurannya dengan bantuan pelarut yang sesuai (Mukhtarini, 2014). Metode ekstraksi memiliki peran yang penting dalam menghasilkan gelatin dengan kualitas yang baik. Dalam pembuatan gelatin umumnya melibatkan dua metode ekstraksi yaitu metode asam dan basa. Kedua metode ini dibedakan berdasarkan penggunaan larutan selama proses perendaman. Metode asam melibatkan larutan asam untuk menghidrolisis kolagen sedangkan metode basa menggunakan larutan basa.

Secara umum proses pembuatan gelatin terdiri dari tiga tahapan utama. Tahap pertama yaitu persiapan bahan baku atau *pre-treatment*, di mana pada tahap ini

komponen nonkolagen dihilangkan dari bahan baku gelatin. Selanjutnya pada tahap kedua yaitu terjadi proses konversi kolagen menjadi gelatin dan tahap terakhir yaitu pemurnian gelatin melalui proses penyaringan dan pengeringan (Minah et al., 2016).

Tahapan *pre-treatment* ini meliputi proses perendaman sampel dalam larutan basa atau asam, di mana larutan asam atau basa yang digunakan dalam proses ini dapat mengubah struktur serat kolagen dari bentuk *triple helix* menjadi rantai tunggal (Karlina & Atmaja, 2020). Perendaman yang menggunakan larutan asam akan menghasilkan gelatin tipe A, dan perendaman menggunakan basa akan menghasilkan gelatin tipe B. Gelatin berbahan baku yang lebih lunak seperti kulit ikan umumnya menggunakan metode asam, karena asam mampu menghasilkan gelatin lebih baik dengan mengubah serat kolagen *triple helix* menjadi rantai tunggal dengan waktu yang lebih cepat dibandingkan larutan basa (Ulumiah et al., 2020). Sebaliknya, perendaman dengan basa biasanya lebih efektif digunakan dalam pembuatan gelatin dari bahan baku yang lebih keras seperti kulit atau tulang sapi dan babi (Fatimah, 2022).

Penggunaan metode asam dan basa ini telah dikenal efektif dalam pembuatan gelatin, namun kedua metode ini umumnya masih sering melibatkan penggunaan pelarut yang tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu, inovasi metode ekstraksi yang lebih ramah lingkungan dalam pembuatan gelatin mulai dikembangkan untuk mengatasi bahaya yang akan ditimbulkan terhadap lingkungan. Salah satunya adalah dengan penggunaan larutan organik atau alami pada proses *demineralisasi*.

Alternatif ini sejalan dan mendukung prinsip-prinsip dari kimia hijau (*green chemistry*).

D. Prinsip Kimia Hijau dalam Ekstraksi Gelatin

Kimia hijau merupakan suatu perancangan produk dan proses kimia yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan penggunaan serta pembuatan bahan-bahan berbahaya (Anastas & Kirchhoff, 2002). Konsep kimia hijau didasarkan pada dua belas prinsip yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan penggunaan bahan berbahaya dari sintesis dan produksi sehingga dapat mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan terhadap kesehatan dan lingkungan (Abdussalam-mohammed et al., 2020).

Kimia analitik ramah lingkungan atau *Green Analytical Chemistry* (GAC) merupakan sebuah cabang dari kimia hijau yang juga memiliki prinsip-prinsip kimia ramah lingkungan untuk meningkatkan keselamatan operator, mengurangi konsumsi energi, mengelola limbah dengan benar, meminimalkan atau bahkan menghilangkan penggunaan bahan kimia berbahaya dan menggantinya dengan bahan kimia yang tidak berbahaya. (Marcinkowska et al., 2019). Dalam praktik untuk menghijaukan metode analisis terdapat empat faktor utama yang perlu diperhatikan yaitu pengambilan sampel, persiapan sampel, pelarut yang digunakan, dan instrumentasi (Plotka-Wasyłka et al., 2019)

Persiapan sampel menjadi langkah awal dalam analisis laboratorium yang bertujuan untuk mempersiapkan sampel agar siap dianalisis, meliputi proses pembersihan, pengeringan, penggilingan, pelarutan, atau ekstraksi yang diperlukan untuk mengolah sampel padat sebelum dianalisis (A. Aly & Tadeusz, 2020). Dalam

pembuatan gelatin, proses persiapan sampel ini memiliki peranan penting untuk memastikan kualitas dan kemurnian gelatin yang dihasilkan. Proses ini meliputi seluruh tahapan ekstraksi kolagen dari bahan baku termasuk pemilihan jenis pelarut yang akan digunakan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan preparasi sampel yang ramah lingkungan (*Green Sample Preparation*) dengan fokus pada pengurangan penggunaan bahan kimia berbahaya dan menggantikan dengan pelarut alami yang lebih ramah lingkungan untuk meningkatkan efisiensi, keselamatan serta mengurangi dampak yang ditimbulkan dari seluruh tahapan ekstraksi gelatin. Pendekatan GSP atau *Green Sample Preparation* memberikan panduan yang jelas dan efektif terkait peningkatan metode preparasi sampel dan teknik analisis yang ramah lingkungan (Wojnowski et al., 2022).

E. **Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi L*)**

Belimbing wuluh atau biasa disebut juga sebagai belimbing sayur merupakan jenis tanaman buah dengan famili *Oxalidaceae* dan nama genus *Averrhoa*. Buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) adalah salah satu tanaman yang banyak tumbuh di pekarangan dan dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia (Suryaningsih, 2016). Belimbing wuluh mengandung beberapa golongan senyawa yaitu asam oksalat, asam askorbat dan senyawa aktif berupa flavonoid, saponin, triterpenoid, alkaloid, tanin, asam amino, mineral, minyak atsiri dan vitamin (Aseptianova & Yuliany, 2020).

Belimbing wuluh banyak ditemukan di Aceh dan sering dimanfaatkan sebagai bahan baku olahan khas Aceh berupa asam sunti. Kandungan asam yang dimiliki oleh buah ini menjadikannya berpotensi digunakan sebagai pelarut dalam

pembuatan gelatin. Pemanfaatan belimbing wuluh sebagai pelarut alami akan menghasilkan gelatin yang lebih aman untuk digunakan dalam berbagai produk. Selain itu, penggunaan asam belimbing wuluh juga dapat menjadi solusi dalam mengurangi penggunaan bahan kimia dan mendukung praktik metode ekstraksi yang lebih ramah lingkungan.



Gambar 2.4 Belimbing Wuluh (sumber: Dokumentasi pribadi)

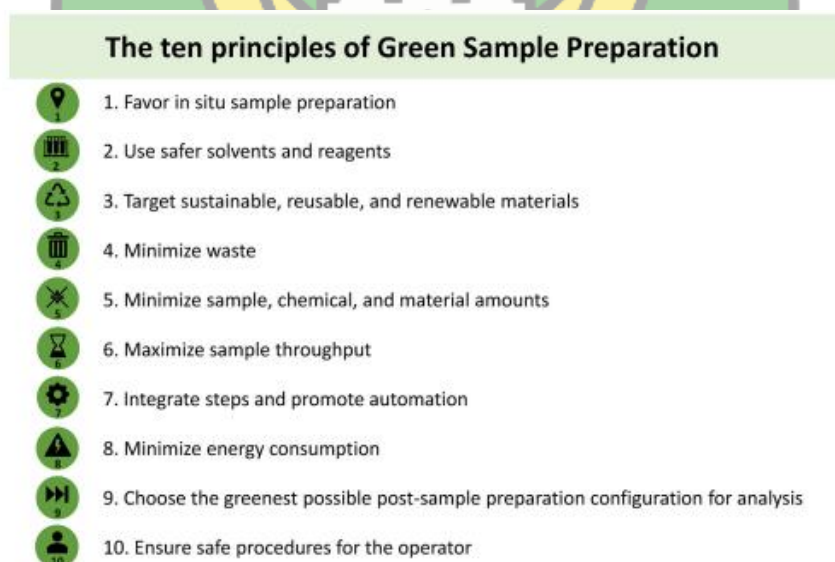
F. Evaluasi Metode Ekstraksi Gelatin Kulit Ikan *Lubiem*

1. *Greenes Values*

Greenes values merupakan konsep yang digunakan untuk menilai sejauh mana suatu proses atau metode dalam mengikuti prinsip-prinsip kimia hijau. Konsep ini bertujuan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, mengusahakan efisiensi penggunaan sumber daya, serta meminimalkan penggunaan bahan kimia berbahaya dalam proses industri (Wojnowski et al., 2022). Pada tahun 2012, beberapa alat metrik skala lingkungan analitis berbasis *software* sudah dilaporkan di beberapa penelitian dengan memberikan nilai pada berbagai kriteria dengan skor ideal 100, di mana skor yang mendekati 100 menunjukkan metode yang lebih ramah lingkungan. Indeks ini mencakup beberapa model seperti GAPI atau saat ini dikenal dengan ComplexGAPI, model RGB, pendekatan metrik

analitik *Greenness* (AGREE), dan hexagon CALIFICAMET (Wojnowski et al., 2022).

Alat-alat metrik dirancang dengan menampilkan sebuah pictogram yang menunjukkan sejauh mana suatu metode dalam memenuhi kriteria yang dievaluasi berdasarkan konsep *Green Analytical Chemistry* (GAC). Beberapa alat metrik yang dikembangkan ini mengutamakan aspek-aspek tertentu dari metode analisis untuk meningkatkan efisiensinya. Selain itu, juga terdapat alat metrik baru yang dirancang khusus untuk menilai tingkat kehijauan pada proses preparasi sampel, yaitu AGREEprep. Kriteria penilaian menggunakan AGREEprep ini didasarkan pada 10 prinsip *Green Sample Preparation* (GSP), yang bertujuan untuk mengoptimalkan proses preparasi sampel dengan cara yang lebih ramah lingkungan. Adapun 10 prinsip dari *green sample preparation* dapat dilihat pada **Gambar 2.5** di bawah ini



Gambar 2.5 Prinsip *Green Sample Preparation*
(Sumber: López-Lorente et al., 2022)

2. AGREEprep

AGREEprep merupakan salah satu *software* yang dikembangkan sebagai alat metrik untuk menilai sejauh mana tingkat kehijauan dari suatu proses

preparasi sampel. Kriteria penilaian menggunakan AGREEprep ini didasarkan pada 10 prinsip preparasi sampel ramah lingkungan. Setiap kriteria dalam *software* ini memiliki nilai tertentu yang dihitung berdasarkan seberapa baik metode ekstraksi dalam memenuhi prinsip kehijauan. Selain itu, masing-masing kriteria juga mempunyai bobot *default* terhadap skor keseluruhan, dan penilai dapat memilih untuk mengubah nilai default bobot dan disesuaikan dengan tujuan analitis (Pena-Pereira et al., 2022).

Skor akhir penilaian ditampilkan dalam bentuk putaran piktogram dengan skala 0-1 yang dihasilkan dari penggabungan hasil pengukuran pada setiap kriteria. Dalam menyimpulkan tingkat kehijauan berdasarkan rentang skala, representasi nilai 0 menunjukkan bahwa metode preparasi sampel yang dilakukan tidak memenuhi prinsip kehijauan sama sekali, sedangkan nilai 1 menunjukkan bahwa metode preparasi sampel yang dilakukan sepenuhnya memenuhi prinsip kehijauan (Wojnowski et al., 2022). Adapun 10 prinsip *Green Sample Preparation* sebagai kriteria penilaian dijabarkan sebagai berikut:

a. *Favor in-situ sample preparation* ANIRY

Prinsip ini mengutamakan preparasi sampel dilakukan di tempat pengambilan sampel sehingga meminimalkan waktu serta penggunaan bahan dan energi. Selain itu, prinsip ini meminimalisir kemungkinan terjadinya degradasi sampel akibat penyimpanan yang tidak tepat selama pemindahan sampel (Pena-Pereira et al., 2022). Dalam menilai proses preparasi sampel berdasarkan kriteria ini terdapat empat kategori yang dipertimbangkan dengan skor sebagai berikut:

- 1) *In-line/In situ*: memiliki nilai 1 dengan proses persiapan sampel dilakukan langsung pada objek yang diselidiki. Biasanya pengambilan sampel dan persiapan sampel dilakukan secara bersamaan.
- 2) *On-line/In situ*: memiliki nilai 0.66, penilaian ini didasarkan jika proses persiapan sampel dilakukan di lokasi yang sama dengan pengambilan sampel menggunakan perangkat yang dipasang secara permanen sehingga memanfaatkan sepenuhnya proses otomatis.
- 3) *On site*: memiliki nilai 0.33, di mana proses persiapan sampel dilakukan di lokasi pengambilan sampel namun menggunakan perangkat persiapan sampel yang dibawa ke lokasi tersebut.
- 4) *Ex situ*: memiliki nilai 0 yang didasarkan pada proses persiapan sampel dilakukan di laboratorium setelah pengambilan sampel.

b. *Use safer solvents and reagents*

Kriteria penilaian tingkat kehijauan berdasarkan prinsip ini dilakukan dengan mengutamakan penggunaan pelarut dan reagen yang aman terhadap manusia dan lingkungan. Prinsip kedua dari *Green Sample Preparation* ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan bahan kimia yang berbahaya. Adapun skor penilaian untuk prinsip ini dalam AGREEprep didasarkan pada beberapa kondisi sebagai berikut:

- 1) Apabila persiapan sampel dilakukan tanpa pelarut dan reagen berbahaya maka metode tersebut bernilai 1

- 2) Jika metode menggunakan lebih dari 10 mL atau 10 g pelarut dan reagen berbahaya maka metode tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Score} = -0.145 \times \ln(\text{jumlah zat berbahaya dalam g atau mL}) + 0.3333\dots(2.1)$$

(Wojnowski et al., 2022)

c. *Target sustainable, reusable, and renewable materials*

Dalam kriteria ini penilaian berfokus pada penggunaan bahan yang berkelanjutan atau terbarukan dalam persiapan sampel. Prinsip ini mengutamakan penggunaan bahan alam dibandingkan bahan berbasis fosil atau bahan kimia yang berbahaya serta mendukung penggunaan bahan yang dapat dipakai berkali-kali (Wojnowski et al., 2022). Penilaian untuk kriteria ini dilakukan berdasarkan parameter berikut:

- 1) Skor 1.0: Hanya bahan berkelanjutan dan terbarukan yang digunakan beberapa kali
- 2) Skor 0.75: > 75% reagen dan bahan berkelanjutan atau terbarukan
- 3) Skor 0.50: 50-75% bahan berkelanjutan yang hanya dapat digunakan sekali
- 4) Skor 0.50: Bahan tidak berkelanjutan, namun digunakan beberapa kali
- 5) Skor 0.25: 25-50% bahan berkelanjutan
- 6) Skor 0.0: < 25% bahan berkelanjutan yang hanya dapat digunakan sekali

d. *Minimize waste*

Prinsip ini mengutamakan pengubanaan teknologi atau merancang metode persiapan sampel yang dapat meminimalisir timbulnya limbah. Sistem metrik kehijauan untuk penilaian proses preparasi sampel menggunakan *software*

AGREEprep didasarkan pada rasio massa substrat terhadap massa produk dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Score} = -0.161 \times \ln(\text{berat sampel dalam g atau mL}) + 0.6295 \dots \dots \dots (2.2)$$

Preparasi sampel yang menghasilkan kurang dari 1 g limbah akan mendapatkan skor lebih dari 0,5

e. *Minimize sample, chemical and material amounts*

Berdasarkan prinsip ini, kebutuhan preparasi sampel seperti jumlah sampel, jumlah pelarut, reagen, dan bahan lain yang digunakan dalam prosedur analitik akan berdampak pada kebutuhan energi. Oleh karena itu, jumlah sampel yang lebih kecil akan mengurangi waktu, tenaga, biaya, dan sumber daya, yang selanjutnya meningkatkan potensi otomatisasi atau portabilitas (Wojnowski et al., 2022). Namun, pengurangan jumlah sampel juga perlu diperhatikan berdasarkan kebutuhan analisis. Pengurangan sampel yang berlebihan dapat menurunkan karakteristik analisis metode analisis secara keseluruhan. Penghitungan skor pada kriteria ini adalah sebagai berikut:

$$\text{Score} = -0.145 \ln(\text{berat sampel dalam g atau mL}) + 0.6667 \dots \dots \dots (2.3)$$

f. *Maximize sample throughput*

Kriteria ini berhubungan dengan waktu yang digunakan dan kecepatan prosedur persiapan sampel secara keseluruhan. Hal ini berkaitan dengan konsumsi energi dan risiko paparan. Nilai optimal untuk kriteria ini diperoleh melalui dua cara yaitu dengan menerapkan prosedur preparasi sampel yang cepat sehingga sampel dapat disiapkan dalam jumlah yang banyak dan dengan memperlakukan beberapa sampel secara bersamaan (Wojnowski et al., 2022).

Untuk menilai *throughput* sampel dapat dilakukan dengan menghitung jumlah sampel yang dapat disiapkan dalam 1 jam baik secara seri maupun paralel.

Nilai ini juga dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Skor} = 0.2354 \times \ln (\text{jumlah sampel yang diproses/jam}) \dots\dots\dots (2.4)$$

g. *Integrate steps and promote automation*

Metode preparasi sampel umumnya terdiri dari prosedur yang memiliki beberapa langkah sehingga dapat mengakibatkan kerugian material, tingginya konsumsi energi dan jumlah bahan kimia, serta kerugian waktu. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencapai kesederhanaan proses menjadi lebih efisien adalah melalui penggabungan tahapan. Penggabungan tahapan ini merupakan salah satu prinsip dalam persiapan sampel yang berdampak positif pada kehijauan suatu metode. Selain itu, otomatisasi proses juga dinilai penting dalam *green sample preparation* untuk meningkatkan jumlah sampel yang dihasilkan, mengurangi jumlah penggunaan pelarut dan mengurangi limbah (Wojnowski et al., 2022). Penyederhanaan dan minimalisasi jumlah langkah yang digunakan dalam suatu metode preparasi sampel dinyatakan dalam sub-skor sebagai berikut:

- a. 2 langkah: Skor 1.0,
- b. 3 langkah: Skor 0.75
- c. 4 langkah: Skor 0.5
- d. 5 langkah: Skor 0.25
- e. 6 langkah: Skor 0.0

Sedangkan untuk tingkat otomatisasi proses dihitung menjadi sub-skor dengan parameter sebagai berikut:

- 1) Sistem otomatis penuh: Skor 1.0
- 2) Sistem semi-otomatis: Skor 0.5
- 3) Sistem manual: Skor 0.25

Perolehan skor akhir untuk prinsip ini merupakan hasil dari total dari kedua sub-skor.

h. *Minimize energy consumption*

Prinsip ini mengutamakan pemilihan metode dan teknologi persiapan sampel yang mengoptimalkan efisiensi penggunaan energi untuk meminimalisir dampak lingkungan dan juga biaya (Wojnowski et al., 2022). Pengukuran dampak dari prinsip ini dilakukan dengan menghitung total energi yang digunakan selama proses preparasi sampel dan dinyatakan dalam satuan watt-jam (Wh) per sampel (Pena-Pereira et al., 2022). Untuk mengukur sejauh mana prinsip ini diterapkan dapat dihitung menggunakan skor kebutuhan energi sebagai berikut:

- 1) Skor 1 untuk <10 Wh per sampel
- 2) Skor dihitung dengan rumus untuk 10-500 Wh per sampel
- 3) Skor 0 untuk >500 Wh per sampel

Skor yang dihasilkan akan mencerminkan tingkat efisiensi energi yang tercapai selama proses preparasi sampel.

i. *Choose the greenest possible post-sample preparation configuration for analysis*

Prinsip ini menekankan pada pemilihan metode analisis yang lebih ramah lingkungan dan relatif sederhana dengan penggunaan total energi yang rendah serta penggunaan bahan kimia dalam jumlah sedikit. Namun pemilihan metode akhir untuk analisis ini bergantung pada kebutuhan analitis yang dilihat dari efektivitas metode atau berdasarkan pada ketersediaan instrumen (Pena-Pereira et al., 2022). Dalam penilaian ini jika analisis suatu sampel dilakukan dengan beberapa teknik analisis yang berbeda, maka penilaian didasarkan dengan cara memilih teknik yang memiliki resiko paling tinggi (Wojnowski et al., 2022). Adapun skor penilaian akhir pada kriteria ini dapat dihitung berdasarkan parameter berikut:

- a. Skor 1: Penggunaan instrumen sederhana dan mudah diakses (*smartphone*, *scanner*, dll)
- b. Skor 0.75: Teknik spektroskopi optik molekular (spektroskopi UV-Vis, fluorimetri, dll)
- c. Skor 0.5: Kromatografi Gas-Spektrometri Massa, spektroskopi serapan atom, elektroforesis kapiler
- d. Skor 0.25: Kromatografi cair (menggunakan pelarut organik), *quadrupole gas chromatography/mass spectrometry*
- e. Skor 0: Teknik spektrometri massa tingkat lanjut yang memerlukan energi tinggi seperti ICP-OES, ICP-MS
- j. *Ensure safe procedures for the operator*

Prinsip *Green Sample Preparation* mengupayakan untuk mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari metode persiapan sampel dan juga

melindungi operator dari potensi bahaya. Prinsip ini mempertimbangkan bahaya dasar dari prosedur preparasi sampel dengan menghitung risiko yang ditampilkan dengan pictogram berdasarkan bahan kimia yang digunakan dalam prosedur. Kriteria penilaian dapat dilihat dari toksisitas bahan, sifat mudah terbakar, kemampuan teroksidasi, mudah meledak dan sifat korosif. (Pena-Pereira et al., 2022). Adapun skor penilaian untuk kriteria ini adalah sebagai berikut:

- a. Skor 1: Jika tidak ada bahaya,
- b. Skor 0.75: terdapat 1 bahaya
- c. Skor 0.5: terdapat 2 bahaya,
- d. Skor 0.25: terdapat 3 bahaya,
- e. Skor 0: terdapat 4 atau lebih bahaya,

3. Bobot Kriteria

Dalam menilai tingkat kehijauan dari preparasi sampel, setiap 10 kriteria *green sample preparation* ini juga memiliki bobot yang berbeda yang diinterpretasikan dalam skala 1-5. Skala ini didasarkan pada kepentingannya seperti yang disajikan pada Tabel 2.2. Penggunaan bobot ini dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan penilai dengan penjelasan pentingnya kriteria yang disesuaikan pada pertimbangan penilai (Wojnowski et al., 2022).

Tabel 2.2 Bobot Kriteria *Greenness Values*

No	Kriteria	Bobot Kriteria
1	<i>Favor in situ sample preparation</i>	1
2	<i>Use safer solvents and reagents</i>	5
3	<i>Target sustainable, reusable, and renewable materials</i>	2
4	<i>Minimize waste</i>	4
5	<i>Minimize sample, chemical and material amounts</i>	2
6	<i>Maximize sample throughput</i>	3

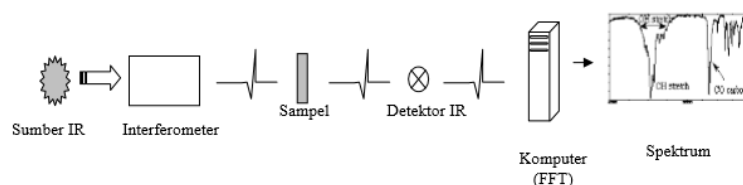
7	<i>Maximize sample throughput</i>	2
8	<i>Integrate steps and promote automation</i>	4
9	<i>Choose the greenest possible post-sample preparation configuration for analysis</i>	2
10	<i>Ensure safe procedures for the operator</i>	3

(Sumber: Wojnowski et al., 2022)

G. Spektroskopi *Fourier Transformed Infrared* (FTIR)

Fourier Transformed Infrared (FTIR) merupakan salah satu instrumen yang dikenal efektif untuk menentukan struktur molekul, mendeteksi gugus fungsi, dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel. Selain itu, FTIR dapat diaplikasikan dengan mudah dan cepat, sehingga menjadikan instrumen ini lebih sering digunakan. Spektrum inframerah berada panjang gelombang 1400 cm^{-1} hingga 10^{-1} (Abriyani et al., 2024).

Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) merupakan spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *Fourier* untuk mendeteksi dan menganalisis hasil spektrumnya. Inti spektroskopi FTIR adalah interferometer Michelson yaitu alat untuk menganalisis frekuensi dalam sinyal gabungan. Spektrum inframerah tersebut dihasilkan dari pentransmisian cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) (Anam & Atom, 2007).



Gambar 2.6 Proses perubahan sinyal pada sistem spektroskopi FTIR
(Sumber: Suseno & Firdausi, 2008)

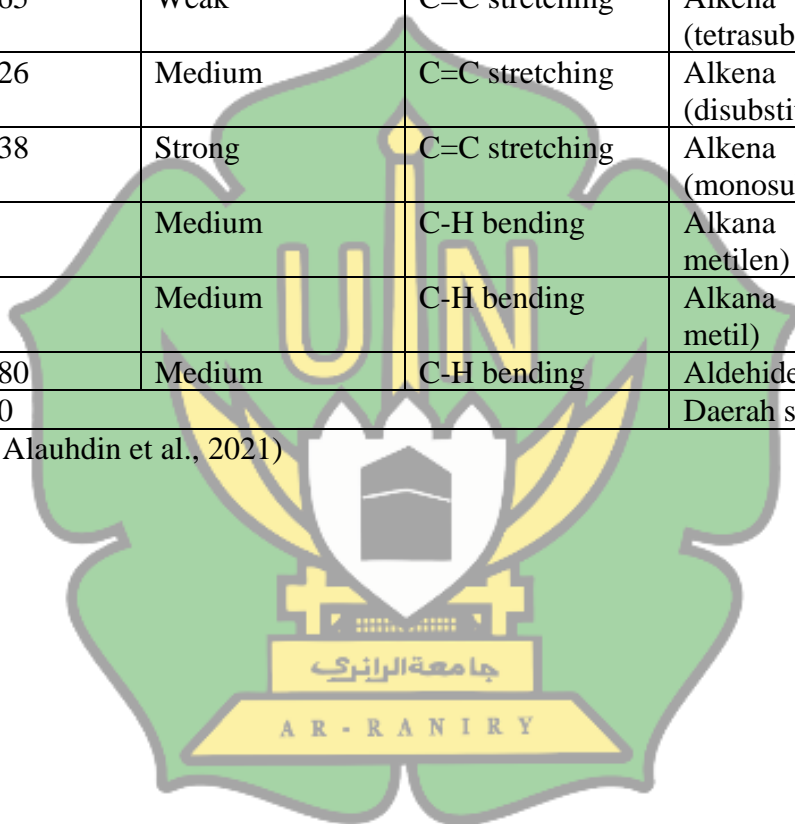
Prinsip kerja FTIR didasarkan pada interaksi antara energi dan materi. Berkas radiasi inframerah yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi dalam mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian sampel akan menyerap beberapa berkas inframerah tersebut dan sisa berkas lainnya akan di transmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar inframerah lolos ke detektor. Sinyal yang terukur kemudian akan terekam dalam bentuk puncak-puncak (Wulan Sari et al., 2018).

Tabel 2.3 Daerah Serapan pada FTIR

Bilangan Gelombang	Gugus Fungsi	Intensitas	Jenis senyawa
3700-3584	Medium, sharp	O-H stretching	Alkohol
3550-3200	Strong, broad	O-H stretching	Alkohol
3500	Medium	N-H stretching	Amina primer
3350-3310	Medium	N-H stretching	Amina sekunder
3300-2500	Strong, broad	O-H stretching	Asam karboksilat
3200-2700	Weak, broad	O-H stretching	Alkohol
3000-2800	Strong, broad	N-H stretching	Garam amina
3333-3267	Strong, sharp	C-H stretching	Alkana
3100-3000	Medium	C-H stretching	Alkena
3000-2840	Medium	C-H stretching	Alkana
2830-2695	Medium	C-H stretching	Aldehid
2260-2190	Weak	CEC stretching	Alkana (disubstitusi)
2140-2100	Weak	CEC stretching	Alkana (monosubstitusi)
2000-1650	Weak	C-H bending	aromatik (overtone)
1815-1785	Strong	C=O stretching	Asam halide
1770-1780	Strong	C=O stretching	vinil/ fenil ester
1760	Strong	C=O stretching	Asam karboksilat (monomer)
1750-1735	Strong	C=O stretching	Ester
1750-1735	Strong	C=O stretching	δ -lakton
1740-1720	Strong	C=O stretching	Aldehid
1730-1715	Strong	C=O stretching	α,β -ester jenuh
1725-1705	Strong	C=O stretching	Keton alifatik (sikloheksanon/ siklopentenon)

1720-1706	Strong	C=O stretching	Asam karboksilat (dimer)
1690	Strong	C=O stretching	Amida primer
1685-1666	Strong	C=O stretching	Keton terkojugasi
1680	Strong	C=O stretching	Amida sekunder
1680	Strong	C=O stretching	amida tersier
1678-1668	Weak	C=C stretching	Alkena (disubstitusi - trans)
1675-1665	Weak	C=C stretching	Alkena (trisubstitusi)
1675-1665	Weak	C=C stretching	Alkena (tetrasubstitusi)
1662-1626	Medium	C=C stretching	Alkena (disubstitusi - cis)
1648-1638	Strong	C=C stretching	Alkena (monosubstitusi)
1465	Medium	C-H bending	Alkana (gugus metilen)
1450	Medium	C-H bending	Alkana (gugus metil)
1390-1380	Medium	C-H bending	Aldehyde
1500-400			Daerah sidik jari

(Sumber: Alauhdin et al., 2021)



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Garis Besar Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu pembuatan gelatin, karakterisasi gelatin dan uji nilai kehijauan dari proses ekstraksi gelatin. Tahapan pembuatan gelatin dimulai dari *pre-treatment*, *degreasing*, preparasi pelarut asam, *demineralisasi*, ekstraksi, pendinginan, dan pengeringan. Kemudian dilanjutkan dengan uji fisikokimia gelatin yang meliputi rendemen, Analisis kadar air, pengukuran pH, kadar abu, viskositas dan kekuatan gel. Selanjutnya analisis nilai kehijauan *Greenness Values* dari seluruh tahapan ekstraksi yang dilakukan dengan menggunakan software AGREEprep.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas kimia, oven listrik, timbangan analitik, kertas saring, labu ukur, krus, pengaduk kaca, pH meter Wiggens pH 90, MS-H280 Pro Hotplate Magnetic Stirrer, viskometer digital AMTAST NDJ-8S, pipet volumetri, termometer dan spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) PerkinElmer *Spectrum IR Version 10.6.2*.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit ikan *lubiem*, belimbing wuluh dan akuades.

C. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan selama 2 bulan yang dimulai dari bulan Oktober 2024 sampai dengan bulan Desember 2024 di Laboratorium Kimia, Fakultas Sains

dan Teknologi, UIN Ar-Raniry. Sampel limbah kulit ikan *lubiem* (*Canthidermis maculata*) diperoleh dari pasar Al-Mahirah Lamdingin Kota Banda Aceh.

D. Prosedur Kerja

1. Preparasi Kulit Ikan *Lubiem*

Preparasi sampel dalam penelitian ini diawali dengan pengambilan sampel kulit ikan *lubiem* di pasar Al-Mahirah Lamdingin Kota Banda Aceh, dan kemudian dilakukan proses awal preparasi di laboratorium. Sampel kulit ikan *lubiem* dibersihkan dari sisa-sisa daging, dan lemak yang masih menempel serta disikat permukaannya untuk menghilangkan noda hitam yang terdapat pada kulit ikan *lubiem*. Pembersihan ini dilakukan dengan merendam kulit ikan *lubiem* dalam aquades bersuhu 60°C selama 30 menit sambil diaduk (Jaya & Rochyani, 2020). Kemudian kulit ikan ditiriskan dan dipotong-potong hingga berukuran 2-3 cm dan dikering anginkan.

2. Preparasi Pelarut Asam

Preparasi pelarut asam diawali dengan membersihkan buah belimbing wuluh dari zat-zat pengotor dengan cara dibilas menggunakan air bersih, dihaluskan dengan cara ditumbuk dan kemudian disaring. Filtrat asam belimbing wuluh diukur volume dan pHnya.

3. Ekstraksi Gelatin

Metode ekstraksi gelatin mengikuti pendekatan yang digunakan oleh (Islami et al., 2018) dengan sedikit modifikasi. Proses ekstraksi diawali dengan tahap *demineralisasi* yaitu merendam kulit ikan yang telah dipreparasi dalam larutan belimbing wuluh dengan rasio 1:5 (b/v) selama 12 jam hingga terbentuk *ossein*.

Kemudian *ossein* yang diperoleh dinetralkan menggunakan air sampai pH mencapai 4-6. Kulit ikan yang telah menjadi *ossein* dimasukkan kedalam *beaker glass* dan ditambah dengan aquades dengan rasio 1:3 (b/v). Kemudian dilakukan ekstraksi menggunakan *hot plate* dengan perlakuan suhu dan waktu ekstraksi berdasarkan kondisi optimum yang terdapat dalam penelitian Miftahul Jannah (2024) yaitu pada suhu 80°C dan waktu ekstraksi 24 jam. Selanjutnya difiltrasi menggunakan kertas saring dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer tertutup dan didinginkan pada suhu 4°C selama 24 jam. Ekstrak gelatin yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C selama 24 jam, kemudian dihaluskan dan dihitung rendemennya. Gelatin yang dihasilkan kemudian dilakukan analisis lanjutan.

E. Teknik Analisis Data Gelatin Limbah Kulit Ikan *Lubiem*

Teknik analisis data gelatin dilakukan dengan pengujian mutu atau karakteristik gelatin limbah kulit ikan *lubiem* (*Canthidermis maculata*) yang dihasilkan. Pengujian karakteristik kulit ikan *lubiem* mencakup beberapa parameter pengujian, antara lain perhitungan rendemen, kadar air, kadar abu, viskositas, kekuatan gel, pH dan analisis gugus fungsi menggunakan FTIR.

1. Karakterisasi gelatin dengan FTIR

Pengujian karakteristik gelatin dilakukan dengan mengaktifkan spektroskopi inframerah IR-408 dalam kondisi stabil, kemudian cahayanya ditembakkan pada gelatin yang telah dimasukkan ke dalam tempat penempatan sampel. Monitor kemudian akan menampilkan spektrum FTIR, yang menunjukkan puncak

penyerapan gugus fungsi yang ditemukan dalam sampel gelatin. Selanjutnya data serapan IR yang dihasilkan dianalisis berdasarkan literatur.

2. Uji Rendemen

Rendemen didapatkan dari rasio antara berat gelatin yang telah kering dengan berat sampel. Besarnya rendemen dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat Kering}}{\text{Berat sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

3. Analisis Kadar Air

Kadar air pada penelitian ini didasarkan pada SNI 8622-2018, yang menetapkan bahwa oven harus dikondisikan hingga suhu 105 °C dan dibiarkan sampai suhu konstan. Cawan kosong (A) diletakkan ke dalam oven selama 2 jam. Kemudian ditempatkan di desikator selama 30 menit, lalu ditimbang. 0,5 gram gelatin dimasukkan ke dalam cawan (B) dan dipanaskan selama 1 jam. Cawan (B) kemudian diletakkan ke dalam desikator selama 30 menit, lalu ditimbang (C).

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{B-C}{B-A} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

A = bobot cawan kosong (gram)

B = Bobot cawan + sampel sebelum dikeringkan (gram)

C = Bobot cawan + sampel setelah dikeringkan (gram)

4. Analisis Kadar Abu

Standar kadar abu dalam penelitian ini mengikuti standar gelatin menurut SNI 8622-2018 yaitu nilai kadar abu gelatin maksimum 3%. Adapun pengujian kadar abu gelatin dalam penelitian ini dilakukan dengan menimbang sebanyak 1 gram

gelatin dan diletakkan dalam cawan porselin. Dipanaskan pada suhu tidak lebih dari 550°C hingga gelatin terbentuk abu, kemudian cawan didinginkan dan ditimbang sampai berat konstan.

$$\text{Kadar Abu} = \frac{\text{Berat abu}}{\text{Berat sampel}} \times 100 \dots\dots\dots (3.3)$$

5. Analisis pH

Pengukuran pH dilakukan dilakukan dengan menggunakan pH metter. Ditimbangan sebanyak 1 gram gelatin dan dilarutkan dalam 30 mL aquades dengan suhu 50°C sampai homogen. Kemudian dicelupkan elektroda pH meter ke dalam larutan gelatin

6. Analisis Viskositas

Pengujian viskositas gelatin dilakukan dengan mengikuti prosedur yang ditetapkan oleh SNI 8662:2018 yaitu dengan membuat larutan gelatin 6,67%. Sebanyak 1,334 gram gelatin ditimbang dan dilarutkan dalam 30 mL aquades pada suhu 60°C sampai homogen, kemudian larutan gelatin tersebut diuji menggunakan viskometer digital AMTAST NDJ-8S dengan spindel No. 4 pada kecepatan 60 rpm dan dinyatakan dalam mPas. Penggunaan spindle dan kecepatan yang digunakan disesuaikan dengan nilai gelatin yang diharapkan.

7. Analisis Kekuatan Gel

Kekuatan gel dalam penelitian mengikuti standar mutu gelatin ikan menurut SNI 8662:2018. Adapun pengujian dilakukan pada larutan gelatin 6,67%, yaitu dengan menimbang 3,335 g dan dilarutkan dalam 50 mL aquades pada suhu 60°C. Kemudian, larutan gelatin yang terbentuk dimasukkan dalam wadah yang

diameternya 5 cm dan tinggi 6 cm kemudian disimpan pada suhu 10°C selama 16-18 jam. Kemudian larutan gelatin diuji menggunakan alat *texture analyzer*.

F. Analisis *Greenes Value* Terhadap Proses Ekstraksi Gelatin

Analisis *Greenes Values* terhadap metode ekstraksi gelatin dilakukan dengan memasukkan data sesuai dengan kriteria dari 10 prinsip *green sample preparation* (GSP) ke dalam *software* AGREEprep dengan skala 0-1 dan dengan bobot kriteria pada masing-masing prinsip pada rentang 1-5.

1. *Favor In-situ Sample Preparation* (Mendukung Preparasi Sampel in-situ)

Penilaian prinsip ini didasarkan pada empat kategori dengan bobot skor sebagai berikut:

- a. In-line/In situ : 1
- b. On-line/In situ : 0.66
- c. On site : 0.33
- d. Ex situ : 0

2. *Use safer solvents and reagents* (Menggunakan pelarut yang lebih aman)

Penilaian prinsip ini dihitung berdasarkan penggunaan jumlah pelarut atau reagen berbahaya yang digunakan selama proses ekstraksi gelatin. Skor dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Score} = -0.145 \times \ln(\text{jumlah zat yang berbahaya dalam g atau mL}) + 0.3333\dots(3.4)$$

3. *Target sustainable, reusable, and renewable materials* (Menggunakan

bahan yang berkelanjutan, dapat digunakan kembali dan terbarukan)

Prinsip ini mengevaluasi penggunaan bahan berkelanjutan atau terbarukan, dengan prioritas pada sumber bio. Skor untuk kriteria ini dihitung berdasarkan parameter berikut:

- a. **Skor 1.0** : Hanya bahan berkelanjutan dan terbarukan yang digunakan beberapa kali.
- b. **Skor 0.75**: > 75% reagen dan bahan berkelanjutan atau terbarukan.
- c. **Skor 0.50**: 50-75% bahan berkelanjutan yang hanya dapat digunakan sekali.
- d. **Skor 0.50**: Bahan tidak berkelanjutan, namun digunakan beberapa kali.
- e. **Skor 0.25**: 25-50% bahan berkelanjutan.
- f. **Skor 0.0**: < 25% bahan berkelanjutan yang hanya dapat digunakan sekali.

4. *Minimize waste (Meminimalkan limbah)*

Penilaian kriteria ini menggunakan persamaan yang menghubungkan jumlah limbah yang dihasilkan dengan berat atau volumenya sebagai berikut:

$$\text{Score} = -0.161 \times \ln(\text{sample mass or volume in g or mL}) + 0.6295 \dots\dots\dots (3.5)$$

5. *Minimize sample, chemical and material amounts (Minimalkan jumlah sampel, bahan kimia, dan material)*

Penilaian pada kriteria ini dengan memasukkan data penggunaan jumlah sampel yang digunakan pada persamaan berikut:

$$\text{Score} = -0.145 \ln(\text{berat sampel dalam g atau mL}) + 0.6667 \dots\dots\dots (3.6)$$

6. *Maximize sample throughput (Memaksimalkan throughput sampel)*

Kriteria ini didasarkan pada proses keseluruhan ekstraksi gelatin yang dapat dilakukan. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Skor} = 0.2354 \times \ln (\text{jumlah sampel yang diproses per jam}) \dots\dots\dots (3.7)$$

7. Integrate steps and promote automation (Integrasi tahapan dan otomatisasi)

Penilaian didasarkan pada proses yang sederhana dengan mengintegrasikan langkah-langkah penting untuk keberlanjutan serta penerapan otomatisasi. Penyederhanaan dan pengurangan jumlah langkah yang terlibat dinyatakan dalam sub-skor sebagai berikut:

- a. 2 langkah: Skor 1.0,
- b. 3 langkah: Skor 0.75
- c. 4 langkah: Skor 0.5
- d. 5 langkah: Skor 0.25
- e. 6 langkah: Skor 0.0

Sedangkan tingkat otomatisasi dihitung menjadi sub-skor dengan cara berikut:

- a. Sistem otomatis penuh: Skor 1.0
- b. Sistem semi-otomatis: Skor 0.5
- c. Sistem manual: Skor 0.25

Skor akhir untuk prinsip ini merupakan hasil dari penjumlahan kedua sub-skor.

8. Minimize energy consumption (Meminimalkan konsumsi energi)

Penilaian kriteria ini dilakukan dengan menghitung total kebutuhan energi dalam satuan watt-jam (Wh) per sampel. Skor dihitung berdasarkan parameter berikut:

- a. Skor 1 untuk <10 Wh per sampel
- b. Skor dihitung dengan rumus untuk 10-500 Wh per sampel
- c. Skor 0 untuk >500 Wh per sampe

9. Choose the greenest possible post-sample preparation configuration for analysis (Memilih teknik analisis pasca-preparasi sampel yang paling ramah lingkungan)

Penilaian didasarkan pada pemilihan metode analisis gelatin yang ramah lingkungan, sederhana, dan efisien dalam hal penggunaan energi serta bahan kimia. Skor dapat diperoleh melalui persamaan, seperti berikut:

- a. Deteksi sederhana dan mudah diakses: Skor 1
- b. Teknik spektroskopi optik molekular: Skor 0.75
- c. Kromatografi gas tanpa deteksi spektrometri massa: Skor 0.5
- d. Kromatografi cair: Skor 0.25
- e. Teknik spektrometri massa yang canggih: Skor 0

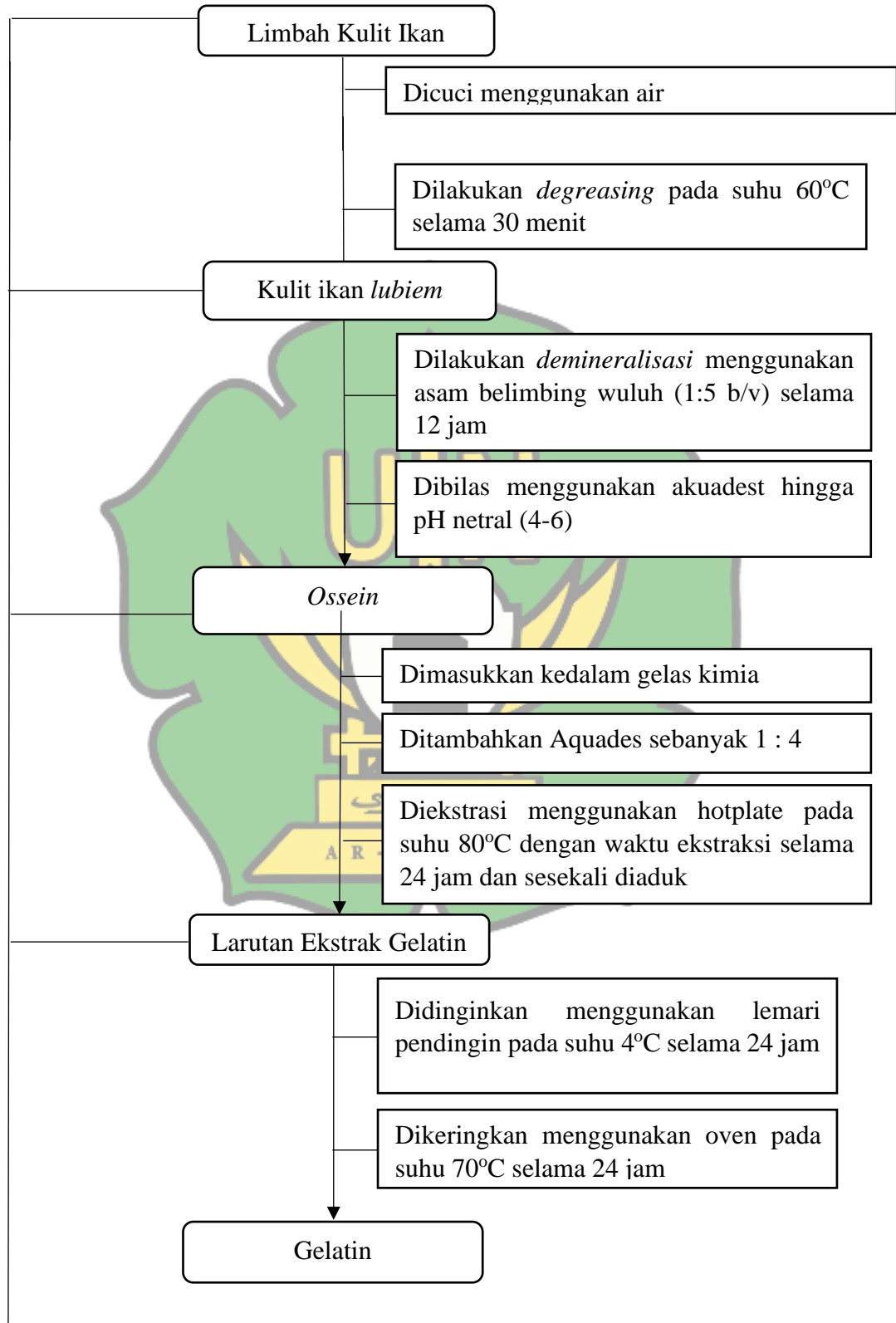
10. Ensure safe procedures for the operator (Memastikan prosedur yang aman bagi operator)

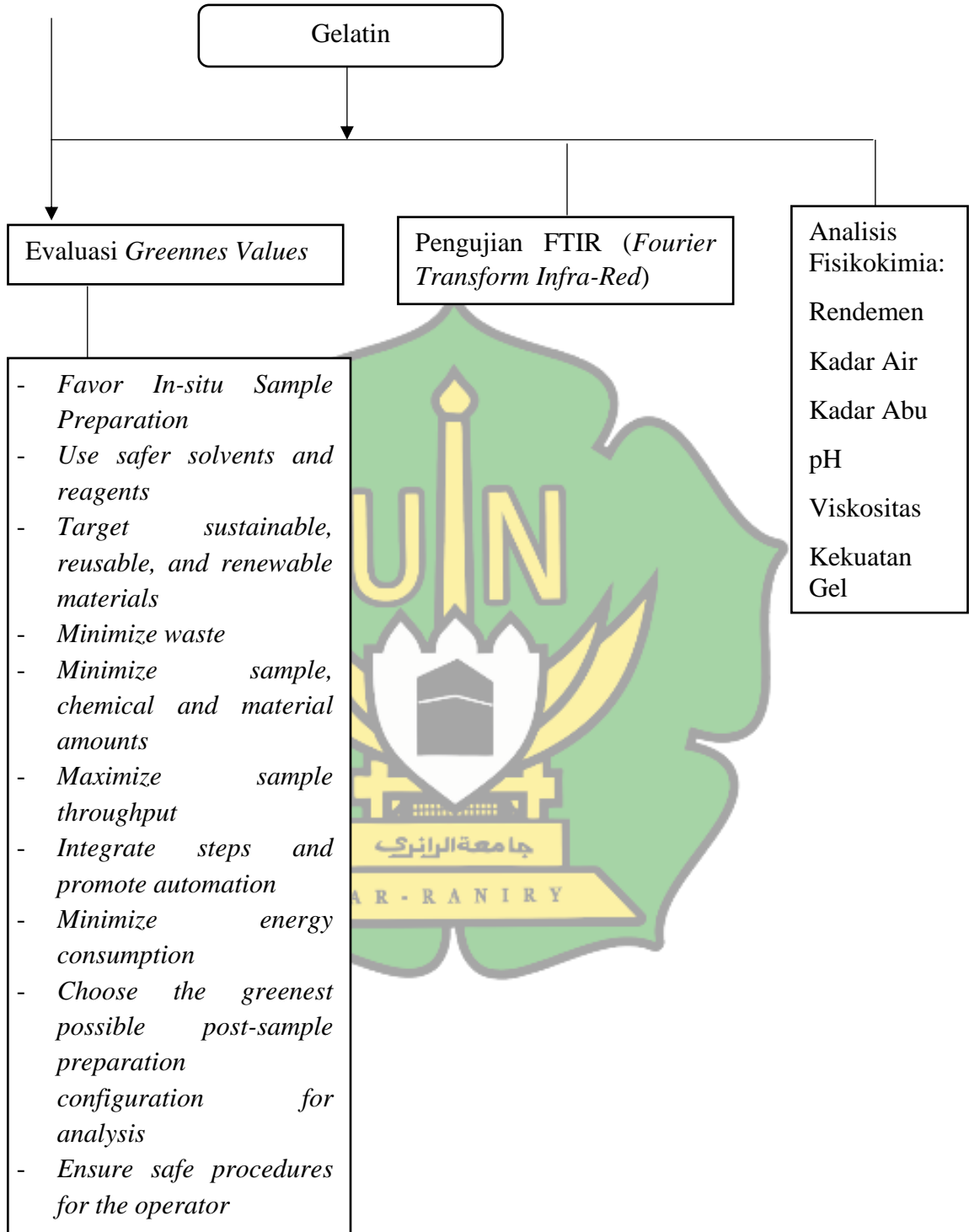
Prinsip ini didasarkan pada penggunaan bahan yang aman untuk operator.

Skor penilaian prinsip dihitung berdasarkan kriteria berikut:

- a. Tidak ada bahaya, Skor: 1
- b. 1 bahaya, Skor: 0.75
- c. 2 bahaya, Skor: 0.5
- d. 3 bahaya, Skor: 0.25
- e. 4 atau lebih bahaya, Skor: 0

G. Diagram Alir Penelitian



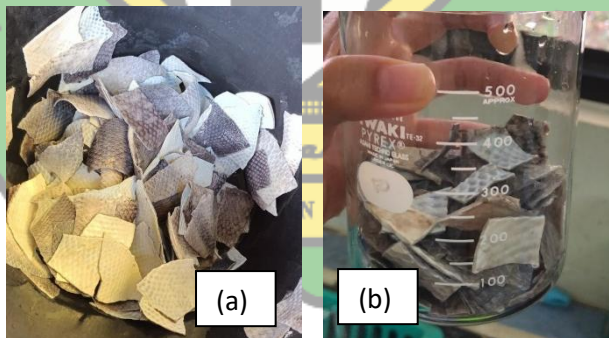


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ekstraksi gelatin kulit ikan *lubiem*

Proses pembuatan gelatin melalui beberapa tahapan dimulai dengan tahap *pre-treatment* yang meliputi tahap *degreasing* dan *demineralisasi*, kemudian ekstraksi, dan dilanjutkan dengan pengeringan. *Pre-treatment* merupakan tahap awal dari pembuatan gelatin untuk mempersiapkan bahan baku sebelum dilakukan proses ekstraksi. Tahap *pre-treatment* ini diawali dengan membersihkan kulit ikan dari kotoran yang masih menempel dan membersihkan permukaan kulit ikan yang masih berwarna hitam dengan cara disikat, kemudian dipotong hingga ukuran 2-3 cm. Pemotongan ini bertujuan untuk memperluas bidang permukaan kulit ikan sehingga dapat mempercepat jalannya proses *degreasing* dan ekstraksi. Proses ini dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Preparasi Kulit Ikan, (a) Kulit ikan setelah dibersihkan; (b) Kulit ikan yang sudah dipotong

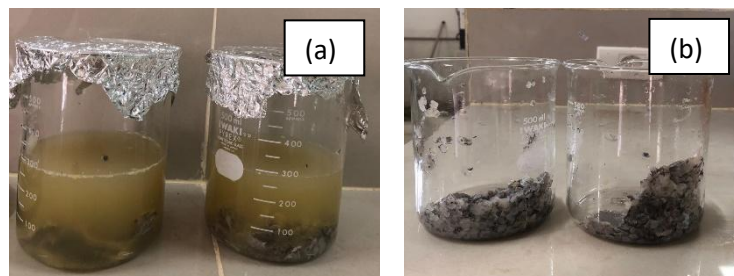
Selanjutnya, kulit ikan yang sudah dipotong dilakukan proses *degreasing* yang dapat dilihat pada **Gambar 4.2**. Proses ini dilakukan dengan merendam sampel kulit ikan dalam air pada suhu 60°C selama 30 menit untuk menghilangkan lemak

yang masih menempel serta meningkatkan hasil produksi gelatin (Mufida & Herdyastuti, 2022). Penggunaan suhu tersebut dikarenakan sesuai dengan titik kelarutan lemak dan suhu koagulasi albumin yaitu pada rentang 32 - 80°C (Pertiwi et al., 2018).



Gambar 4.2. proses *degreasing*

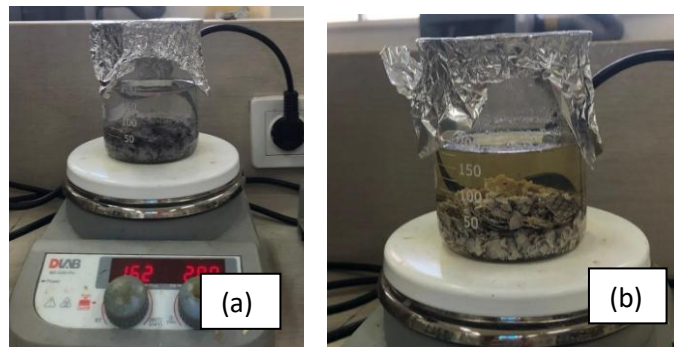
Tahap selanjutnya yaitu *demineralisasi*, perendaman bahan baku gelatin dalam larutan asam atau basa. Perendaman ini bertujuan untuk menghilangkan mineral - mineral dan protein non-kolagen yang terdapat pada bahan baku (Khirzin et al., 2019). Pada penelitian ini proses *demineralisasi* dilakukan dengan merendam kulit ikan *lubiem* yang telah *didegreasing* dalam larutan asam belimbing wuluh dengan rasio 1:5 (b/v) selama 12 jam, seperti pada **Gambar 4.3** (a). Selama proses *demineralisasi* terjadi interaksi hidrolisis antara ion H^+ dari asam dengan kolagen sehingga struktur kolagen menjadi pecah dan menghasilkan *ossein* seperti pada **Gambar 4.3** (b) (Mufida & Herdyastuti, 2022).



Gambar 4.3 (a) proses *demineralisasi*; (b) *Ossein*

Penggunaan asam organik belimbing wuluh bertujuan untuk mendukung proses ekstraksi hijau yang aman untuk lingkungan. Selain itu, pemilihan pelarut yang aman bagi kesehatan dan ramah lingkungan ini menjadi salah satu tahapan penting dalam mendukung prinsip kimia hijau khususnya *green sample preparation*. Preparasi larutan asam belimbing wuluh dalam penelitian ini dilakukan dengan cermat, termasuk perhitungan jumlah belimbing wuluh yang diperlukan untuk setiap sampel perlakuan. Hal ini bertujuan agar menghasilkan volume larutan asam yang digunakan tepat. Seluruh tahapan pembuatan gelatin dalam penelitian ini dilakukan dengan teliti untuk memastikan bahwa keseluruhan proses ini tidak menghasilkan limbah yang berlebihan, serta untuk menjaga keberlanjutan proses dengan meminimalkan dampak lingkungan yang mungkin timbul selama penelitian.

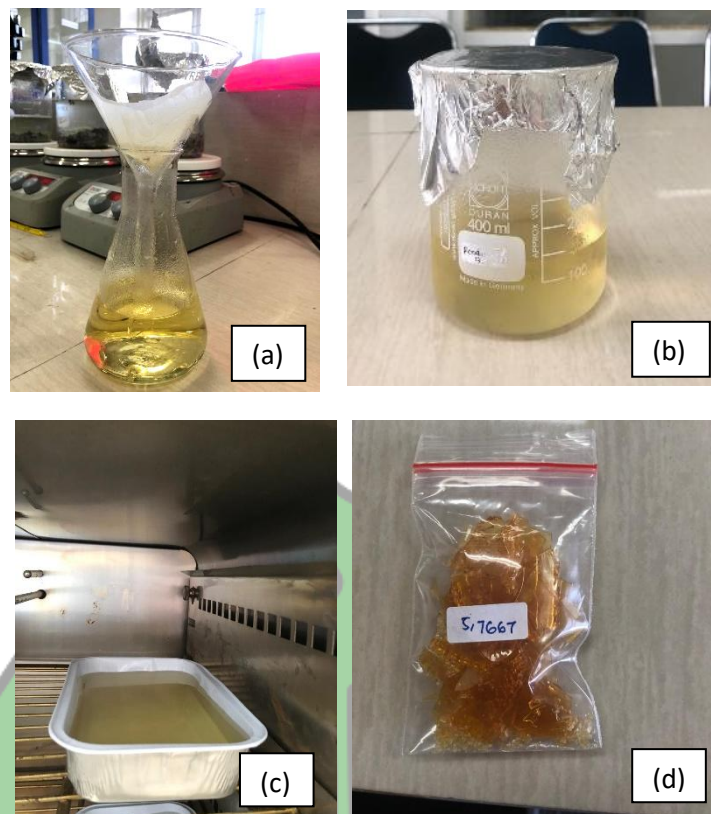
Selanjutnya, *ossein* yang diperoleh dari hasil perendaman dibilas menggunakan air untuk menghilangkan sisa-sisa asam yang menempel pada saat perendaman dan menghasilkan pH netral. Kemudian diekstraksi menggunakan akuades dengan perbandingan 1:3 pada suhu 80°C selama 24 jam. Penggunaan suhu dan waktu ekstraksi tersebut sesuai dengan kondisi optimal yang dihasilkan pada penelitian Miftahul Jannah (2024). Dalam proses ekstraksi gelatin, suhu 80°C merupakan suhu optimal untuk menghancurkan ikatan hidrogen dan ikatan kovalen pada struktur *triple helix* kolagen dan menghasilkan molekul gelatin yang lebih kecil yang larut dalam air (Moranda et al., 2018).



Gambar 4.4 (a) ekstraksi menit ke-0; (b) ekstraksi setelah 120 menit

Gambar 4.4 (b) menunjukkan bahwa mulai terjadinya proses ekstraksi gelatin dari kulit ikan *lubiem*, yang terlihat dari perubahan warna larutan setelah 120 menit ekstraksi. Warna yang dihasilkan selama proses ekstraksi ini menunjukkan bahwa gelatin telah larut dalam air. Ekstraksi dilakukan selama 24 jam. Suliasih et al. (2020) menyebutkan bahwa waktu ekstraksi berpengaruh nyata terhadap rendemen gelatin yang dihasilkan, semakin lama waktu ekstraksi maka rendemen yang dihasilkan akan semakin tinggi.

Kemudian setelah 24 jam, hasil ekstrak disaring menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtrat berupa larutan gelatin yang lebih murni, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.5** (a), kemudian filtrat dimasukkan ke dalam *freezer* untuk mempererat struktur gel dari gelatin sehingga membentuk gel yang bersifat *thermoreversible* yang terlihat dari tekstur filtrat menyerupai gel seperti pada **Gambar 4.5** (b). Tahap terakhir dalam pembuatan gelatin yaitu pengeringan. Filtrat yang sebelumnya berbentuk gel akan mencair akibat pemanasan dan menghasilkan gelatin yang kering berbentuk lembaran atau kepingan. Untuk mencegah terjadinya denaturasi lanjutan pada rantai polipeptida, proses pengeringan dilakukan dengan suhu yang tidak terlalu tinggi yaitu pada suhu 60°C selama 24 jam.



Gambar 4.5 Proses Pengeringan, (a) Filtrat ; (b) Filtrat setelah di dinginkan; (c) Proses pengeringan; (d) Lembaran gelatin

Warna kuning kecoklatan dari gelatin yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.5** (d) dipengaruhi oleh warna alami bahan baku gelatin yang ikut larut selama proses ekstraksi serta proses pengeringan. Menurut Schrieber (2007) dalam Moranda et al., (2018) menyatakan bahwa di dalam kolagen terdapat unit karbohidrat yaitu galaktosa dan glukosil galaktosa disakarida. Keberadaan karbohidrat dalam kolagen dapat menyebabkan terjadinya reaksi maillard yang membuat gelatin dengan kandungan protein yang lebih besar akan menghasilkan warna gelatin lebih gelap.

B. Karakterisasi dan sifat fisikokimia gelatin

Gelatin yang dihasilkan kemudian dianalisis gugus fungsi khas gelatin dengan menggunakan ATR-FTIR dan diuji sifat fisikokimianya yang meliputi uji pH,

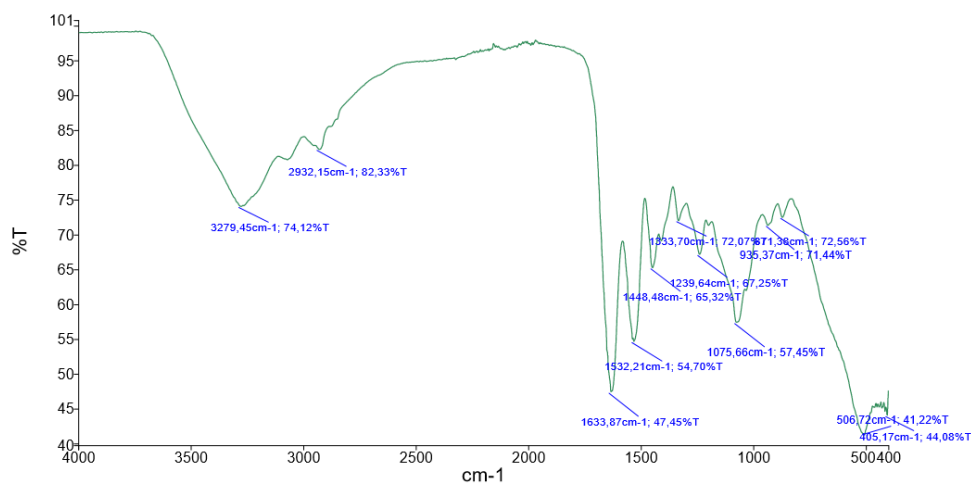
rendemen, kadar air, kadar abu, viskositas, dan kekuatan gel. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik gelatin dan kualitas gelatin yang dihasilkan. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dibawah ini.

Tabel 4.1. Karakteristik Gelatin Kulit Ikan *Lubiem*

Parameter	Gelatin ikan <i>lubiem</i>	SNI (8622:2018)
Kadar air (%)	8,71	Maks 12
Kadar abu (%)	0,1	Maks 3
pH	4,71	3,8-7,5
Viskositas (mPas)	20	Min 15
Kekuatan gel (bloom)	44,01	50-75

1. Karakterisasi Gugus Fungsi Gelatin Menggunakan FTIR (*Fourier Transformed Infrared*)

Analisis FTIR dilakukan untuk membuktikan keberhasilan proses isolasi gelatin yang telah dilakukan dengan membandingkan hasil spektrum gelatin kulit ikan *lubiem* dengan gugus fungsi khas gelatin komersial. Gelatin memiliki struktur yang sama dengan protein yang tersusun dari gugus karbonil ($-C=O$), amina ($-NH_2$), dan hidroksil ($-OH$). Analisis FTIR gelatin memiliki lima puncak serapan utama yaitu amida A yang berada pada rentang panjang gelombang $3440-3201\text{ cm}^{-1}$, amida B pada rentang $3000-2923\text{ cm}^{-1}$, amida I pada $1698-1633\text{ cm}^{-1}$, amida II pada $1543-1447\text{ cm}^{-1}$, dan amida III pada $1365-1200\text{ cm}^{-1}$ (Shahvalizadeh et al., 2021). Hasil analisis FTIR gelatin kulit ikan *lubiem* pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 4.6** dan data perbandingan serapan hasil FTIR gelatin kulit ikan *lubiem* dengan gelatin komersial dapat dilihat pada **Tabel 4.2** di bawah ini.



Gambar 4.6 Spektrum FTIR Gelatin kulit ikan *lubiem*

Tabel 4.2 Perbandingan puncak serapan gelatin

Gugus fungsi amida	Wilayah serapan (cm ⁻¹)	Serapan gelatin kulit ikan <i>lubiem</i> (cm ⁻¹)	Serapan gelatin komersial (cm ⁻¹)	Dugaan gugus fungsi
Amida A	3600–2300	3279,45	3440	N-H dan O-H <i>stretching</i>
Amida B	3000-2923	2932,15	2933	CH ₂ asimetris <i>stretching</i>
Amida I	1636–1661	1633,87	1633,73	C=O <i>stretching</i> dan N-H <i>bending</i>
Amida II	1560–1335	1532,21	1538,56	N-H <i>bending</i> dan C-N <i>stretching</i>
Amida III	1300–1200	1239,64	1238,74	C-H <i>stretching</i> dan N-H <i>bending</i>

(Sumber: Nurilmala et al., 2023)

Serapan IR gelatin kulit ikan *lubiem* menghasilkan lima puncak serapan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.6**. Secara umum, data serapan gelatin kulit ikan *lubiem* dan gelatin komersial berdasarkan pada **Tabel 4.2** dapat dilihat bahwa terdapat daerah serapan yang serupa. Serapan amida A gelatin kulit ikan

lubiem berada pada panjang gelombang $3279,45\text{cm}^{-1}$ sedangkan pada gelatin komersial serapan amida A terjadi pada panjang gelombang 3440 cm^{-1} . Puncak serapan ini ditandai dengan adanya regangan O-H dan N-H dari gugus amida yang berasosiasi dengan ikatan hidrogen, bentuk puncak yang melebar pada kurva serapan ini merupakan bukti adanya gugus OH yang berasal dari hidroksiprolin (Ikram et al., 2023). Selain itu, berdasarkan **Gambar 4.6** pada wilayah serapan $2932,15\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus amida B yang terjadi karena adanya ikatan *methylene C-H stretching* asimetris (Khirzin et al., 2019). Serapan amida B yang dihasilkan oleh gelatin kulit ikan *lubiem* dan gelatin komersial berada pada pada wilayah yang hampi sama.

Selanjutnya, hasil analisis FTIR dari gelatin yang dihasilkan pada penelitian ini juga memunculkan puncak serapan amida I pada panjang gelombang $1633,87\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan keberadaan residu amida pada gelatin, puncak serapan ini disebabkan oleh adanya regangan ikatan ganda gugus karbonil C=O, bending ikatan NH. Kemudian serapan amida II terjadi pada panjang gelombang $1532,21\text{ cm}^{-1}$ yang membuktikan adanya ikatan N-H dan C-N, dan kurva serapan terakhir yaitu amida III yang menghasilkan serapan pada panjang gelombang $1239,64\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya N-H *bending* dan C-H *stretching*. Puncak serapan ini membuktikan terjadinya proses denaturasi struktur molekul kolagen menjadi gelatin yang ditandai dengan hilangnya struktur *triple helix* akibat perubahan α -*helix* menjadi *single helix* (Nurilmala et al., 2017). Berdasarkan identifikasi setiap spektrum yang dihasilkan, maka dapat diketahui bahwa senyawa yang terbentuk

merupakan gelatin dan juga menunjukkan bahwa gelatin dari kulit ikan *lubiem* berhasil terisolasi.

2. Rendemen

Salah satu parameter penting dalam mengukur efisiensi perlakuan terhadap bahan baku adalah pengujian rendemen, yaitu persentase jumlah gelatin yang dihasilkan dari bahan baku kulit ikan *lubiem* setelah melewati proses ekstraksi. Perhitungan rendemen diperoleh dari perbandingan persentase lembaran gelatin kering dengan sampel yang digunakan (Agustini et al., 2020). Semakin besar rendemen yang dihasilkan didapat, maka semakin efisien perlakuan yang diterapkan (Suryati et al., 2017).

Rendemen yang dihasilkan dari gelatin kulit ikan *lubiem* yang telah melalui proses ekstraksi sebesar 11,53%. Hasil rendemen ini dapat dikategorikan baik dikarenakan pada umumnya gelatin dari bahan baku seperti kulit ikan menghasilkan rendemen yang bervariasi, sehingga nilai yang diperoleh tersebut dapat menunjukkan efisiensi ekstraksi yang relatif tinggi. Hal ini diduga disebabkan oleh adanya jumlah ion H^+ yang lebih banyak dalam asam belimbing wuluh, sehingga dapat menjadikan proses hidrolisis kolagen dari rantai *triple helix* menjadi rantai tunggal lebih efektif. Banyaknya ion H^+ ini ketika disertai dengan suhu yang tinggi dapat mendenaturasi kolagen yang terhidrolisis sehingga menghasilkan gelatin yang lebih banyak (Agustini et al., 2020).

3. Kadar air

Pengujian kadar air menjadi suatu parameter penting untuk mengetahui kandungan air dalam gelatin yang akan berpengaruh dalam masa waktu simpan

gelatin (Pertiwi et al., 2018). Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai kadar air yang terkandung dalam suatu gelatin adalah proses pengeringan. Seiring dengan semakin rendahnya kadar air gelatin maka akan semakin baik kualitas gelatinnya.

Berdasarkan hasil pengukuran gelatin kulit ikan *lubiem* pada **Tabel 4.1**, kadar air yang terkandung adalah 8,71%. Nilai ini menunjukkan bahwa proses pengeringan gelatin telah dilakukan dengan optimal. Kadar air yang terukur juga memenuhi standar kualitas yang ditetapkan oleh SNI, di mana kadar air maksimum dari gelatin menurut SNI (8622:2018) adalah 12%. Dengan demikian, gelatin yang diuji memiliki kualitas yang sesuai dengan standar yang berlaku.

4. Kadar abu

Pengujian kadar abu dilakukan untuk mengetahui kemurnian atau kandungan mineral dari suatu bahan atau sampel. Tinggi rendahnya nilai kadar abu pada suatu sampel menunjukkan masih banyaknya mineral dan zat organik yang terkandung di dalamnya (Kristiandi et al., 2021). Pada gelatin, semakin tinggi kadar abu menunjukkan bahwa tingkat kemurnian dari gelatin masih rendah, begitupun sebaliknya. Salah satu faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya kadar abu pada gelatin yaitu proses *demineralisasi* atau proses perendaman dengan asam, dimana proses ini bertujuan untuk menghilangkan kadar mineral dan organik pada kulit ikan.

Data hasil pengujian kadar abu gelatin kulit ikan *lubiem* berdasarkan **Tabel 4.1** adalah sebesar 0,1 %. Nilai ini menunjukkan bahwa terdapat 0,1% kandungan mineral yang terdapat pada gelatin. Abu yang terbentuk berwarna putih keabuan dengan partikel halus dan sangat mudah larut dalam air yang dapat dilihat pada gambar 4.7 di bawah ini. Kadar abu gelatin kulit ikan *lubiem* yang dihasilkan ini

tergolong rendah dan berada dalam batas maksimum yang ditetapkan oleh SNI (8622:2018) yaitu 3% dan menunjukkan bahwa tingkat kemurnian gelatin yang lebih tinggi.



Gambar 4.7 Hasil pengujian kadar abu gelatin kulit ikan *lubiem*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

5. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter yang penting dalam standar mutu gelatin karena nilai pH akan menentukan kualitas gelatin yang aman untuk dikonsumsi. Nilai pH juga akan mempengaruhi karakteristik lainnya seperti viskositas dan kekuatan gel (Febriana et al., 2021). Tinggi rendahnya pH yang dihasilkan dipengaruhi oleh jenis larutan yang digunakan pada saat *demineralisasi*. Penggunaan larutan asam akan menghasilkan nilai pH yang lebih rendah dibandingkan gelatin dengan perendaman menggunakan larutan basa.

Berdasarkan data hasil pengukuran pada **Tabel 4.1**, nilai pH yang diperoleh yaitu 4,71. Nilai pH ini menunjukkan bahwa gelatin yang dihasilkan berada pada lingkungan yang sedikit asam. Selain itu, pH yang diperoleh juga berada dalam kisaran pH yang sesuai dengan standar mutu gelatin. Berdasarkan SNI (8622:2018), pH gelatin sebaiknya memiliki nilai pH yang berkisar antara 3.8 hingga 7.5, sedangkan menurut GMIA (*Gelatin Manufacturers Institute of America*), rentang

pH yang diterima adalah antara 3.8 hingga 5.5. Hal ini dikarenakan gelatin dengan pH yang rendah akan lebih tahan terhadap kontaminasi mikroorganisme (Febriana et al., 2021).

6. Kekuatan gel

Pengukuran kekuatan gel dilakukan untuk mengetahui kualitas fisik suatu produk gelatin. Kekuatan gel merupakan sifat fisik gelatin yang berhubungan dengan aplikasi pada produk pangan. Sifat *reversible* gelatin untuk bentransisi dari fase gel menjadi sol dapat dilihat melalui kekuatan gel. Kekuatan gel gelatin dikenal sebagai nilai bloom. Berdasarkan SNI (8622:2018) standar mutu gelatin ikan adalah minimal 75 bloom sedangkan menurut GMIA (2019) nilai kekuatan gel sebaiknya berada pada rentang 50 – 300 bloom.

Hasil pengujian kekuatan gel kulit ikan *lubiem* seperti yang disajikan pada **Tabel 4.1** yaitu sebesar 44,01 bloom. Nilai ini masih belum memenuhi standar mutu gelatin berdasarkan SNI (8622:2018), tetapi memiliki nilai yang mendekati standar berdasarkan GMIA 2019. Rendahnya kekuatan gel yang dihasilkan ini diduga disebabkan oleh kandungan asam amino prolin dan hidrosiprolin yang terdapat pada ikan. Rendahnya kekuatan gel ini juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor lainnya seperti berat molekul, komposisi amino yang menunjukkan panjangnya rantai asam amino, suhu ekstraksi, serta bahan baku sumber gelatin (Ariyanto et al., 2023). Gelatin yang berasal dari ikan memang memiliki titik leleh dan kekuatan gel yang lebih rendah dibandingkan dengan gelatin mamalia (Silviwanda & Najib Tuisina, 2024). Namun, nilai kekuatan gel yang rendah ini masih dapat diatasi dengan penambahan zat terlarut seperti garam, gula, dan enzim.

7. Viskositas

Viskositas menjadi parameter penting dalam menentukan standar mutu gelatin setelah kekuatan gel. Pengukuran viskositas dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan gel (Irvan, 2019). Nilai viskositas dapat dipengaruhi oleh berat molekul dan distribusi molekul. Berat molekul berkaitan dengan panjang rantai asam amino. Semakin panjang rantai asam amino, maka nilai viskositas akan semakin tinggi (Hidayat et al., 2016). Selain itu, tinggi rendahnya viskositas gelatin juga dapat dipengaruhi oleh konsentrasi asam yang digunakan pada proses *demineralisasi*, pH serta suhu ekstraksi gelatin.

Berdasarkan **Tabel 4.1**, hasil pengujian viskositas gelatin kulit ikan *lubiem* pada penelitian ini yaitu 20 mPas. Hasil ini sudah memenuhi syarat mutu dan keamanan gelatin ikan berdasarkan SNI (8622:2018), di mana standar viskositas gelatin yang baik yaitu minimal 15 mPas. Dalam penelitian Islami et al. (2018) melaporkan bahwa gelatin kulit ikan kakap memiliki viskositas yang berkisar antara 20,50 mPas hingga 26,00 mPas, sehingga dapat disimpulkan bahwa gelatin ikan memiliki viskositas yang relatif lebih besar dibandingkan dengan gelatin mamalia.

Tinggi nya nilai viskositas dari gelatin kulit ikan *lubiem* diduga karena penggunaan suhu 80°C, di mana pada suhu ini dapat dinyatakan sebagai suhu yang optimal untuk ekstraksi gelatin. Gelatin akan terekstraksi dengan sempurna pada suhu yang optimal sehingga tidak terjadi hidrolisis lanjutan pada rantai gelatin. Terhidrolisisnya rantai asam amino pada gelatin dapat menyebabkan pemutusan rantai asam amino, sehingga berat molekulnya akan berkurang dan viskositas gelatin juga akan lebih rendah.

Tabel 4.3 di bawah ini menyajikan data perbandingan hasil pengukuran dari setiap parameter yang diperoleh dalam penelitian ini dengan hasil dari beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan asam organik sebagai pelarut dalam proses *demineralisasi* serta kulit ikan sebagai bahan baku sumber gelatin.

Tabel 4.3 Perbandingan Parameter Gelatin Kulit Ikan *Lubiem*

Bahan baku gelatin	Jenis Pelarut	Parameter yang diuji						Referensi
		Rendemen	Kadar air	Kadar abu	pH	Viskositas	Kekuatan gel	
Kulit ikan <i>lubiem</i>	Asam Belimbing wuluh	11,53	8,71	0,1	4,71	20	44,01	Penelitian ini
Kulit ikan gabus	Asam jeruk nipis	7,45	9,03	4,28	6,2	12,79	57,62	Oktaviani, dkk (2022)
Kulit ikan <i>lubiem</i>	Asam belimbing wuluh	11,47	9,47	1,3	5,90	9,00	-	Miftahul Jannah, (2024)
Kulit ikan tuna	Asam sitrat nanas	10,06	-	6,16	5,21	2,31	-	Sidabalok, dkk (2021)
Tulang ikan tenggiri	Asam belimbing wuluh	6	8,83	3,75	6	29,83	61,04	Fernianti, dkk (2020)

Berdasarkan data pada **Tabel 4.3** dapat diketahui perbandingan hasil pengukuran parameter gelatin dari berbagai jenis kulit ikan yang diekstraksi menggunakan pelarut asam berbeda. Secara umum, penelitian ini menghasilkan kearakteristik gelatin yang lebih baik. Gelatin dari kulit ikan *lubiem* dalam penelitian ini menghasilkan rendemen tertinggi sebesar 11,53% dibandingkan penelitian sebelumnya. Selain itu, nilai kadar abu pada penelitian ini juga lebih rendah yaitu 0,1%, menunjukkan kualitas gelatin yang baik dengan kandungan mineral yang rendah dan sesuai dengan standar mutu gelatin yang ditetapkan. Nilai viskositas gelatin pada penelitian ini juga masih tergolong tinggi meskipun lebih

rendah dibandingkan penelitian Fernianti, dkk (2020) yang menggunakan tulang ikan tenggiri yaitu 29 mPas. Sedangkan kekuatan gel gelatin pada penelitian ini masih dikategorikan lebih rendah dari ketentuan SNI (8662:2018)

C. *Greenes Values*

Pengujian *Greenes values* dalam penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi tingkat keberlanjutan dan ramah lingkungan metode preparasi sampel dalam pembuatan gelatin. Penilaian ini menunjukkan seberapa efisien penggunaan bahan kimia, energi, dan metode yang diterapkan, serta dampaknya terhadap lingkungan. Sehingga dapat diketahui sejauh mana proses yang dilakukan dalam meminimalkan penggunaan bahan berbahaya, mengurangi limbah, dan mendukung prinsip *green chemistry* dalam upaya menghasilkan produk yang lebih berkelanjutan.

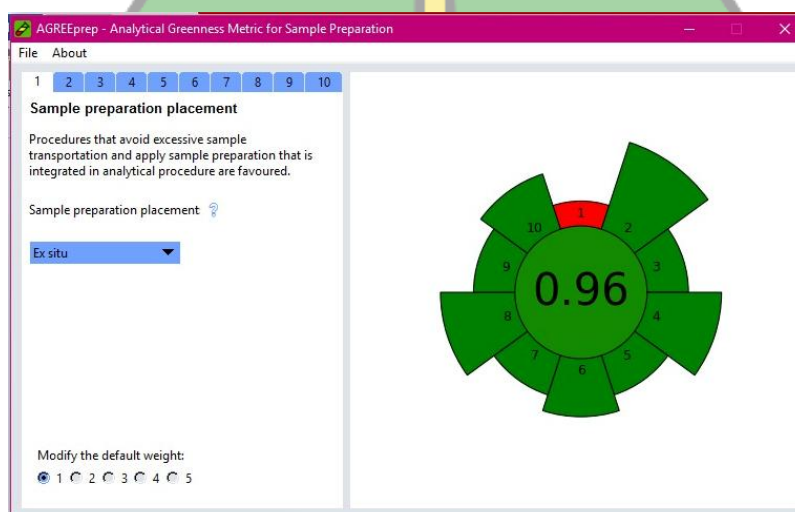
Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan *software* AGREEprep, tingkat keberlanjutan dari proses ekstraksi gelatin dalam penelitian ini yaitu bernilai 0,65 seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.17**. Nilai tersebut diperoleh dari penggabungan skor secara otomatis oleh *software* pada masing-masing dari 10 kriteria *green sample preparation*, yang meliputi:

1. *Favor In-situ Sample Preparation*

Dalam penelitian ini preparasi sampel tidak dilakukan secara langsung di lokasi pengambilan sampel (in-situ) melainkan dilakukan di laboratorium (ex-situ). Oleh karena itu, pada kriteria ini tingkat kehijauan bernilai 0. Namun, pemilihan preparasi sampel di laboratorium dilakukan dengan beberapa pertimbangan penting yaitu salah satunya untuk meminimalkan risiko kontaminasi sampel

dengan bahan atau zat lain dari lingkungan sekitar yang dapat mempengaruhi hasil penelitian.

Selain itu, preparasi sampel dalam pembuatan gelatin perlu menggunakan alat dan instrumen tertentu yang hanya tersedia di laboratorium, sehingga preparasi sampel secara in-situ tidak memungkinkan di lakukan dalam proses pembuatan gelatin. Meskipun pada kriteria ini tingkat kehijauan bernilai rendah, bobot kriteria yang diberikan untuk poin ini hanya bernilai 1, sehingga proses *ex-situ* dalam penelitian ini tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai keseluruhan tingkat kehijauan. Di bawah ini disajikan gambar hasil penilaian untuk kriteria ini



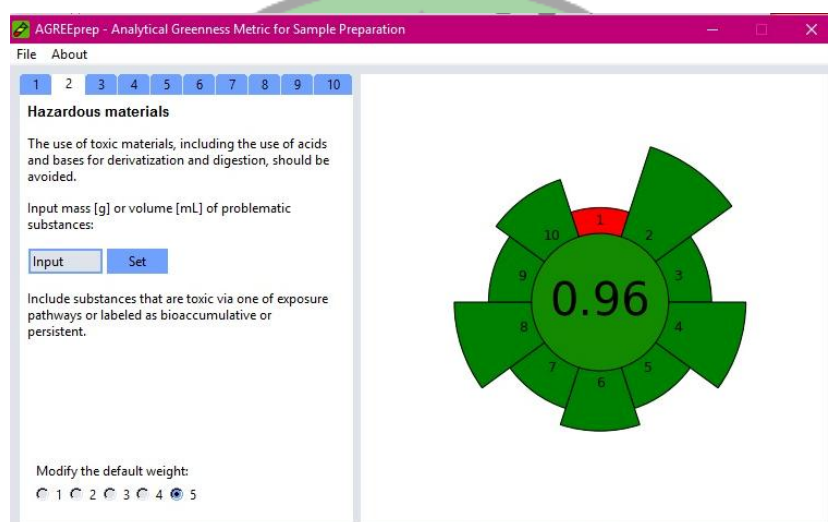
Gambar 4.8 *Greenness Values* Kriteria 1

Berdasarkan **Gambar 4.8** di atas, dapat dilihat bahwa seiring dengan berkurangnya tingkat kehijauan pada proses preparasi sampel maka nilai kehijauan akan menurun. Hal ini ditunjukkan dengan turunnya nilai kehijauan sebesar 0,04 dari semula bernilai 1 menjadi 0,96.

2. *Use safer solvents and reagents*

Penilaian kriteria ini bernilai 1 karena proses pembuatan gelatin dalam penelitian ini hanya melibatkan asam belimbing wuluh sebagai pelarut alami yang

aman bagi kesehatan dan ramah lingkungan. Kriteria ini memiliki bobot yang sangat tinggi yaitu 5, sehingga pemilihan pelarut yang aman menjadi faktor penting yang dapat mempengaruhi nilai kehijauan secara langsung. Oleh karena itu, penggunaan pelarut alami dalam proses ekstraksi gelatin kulit ikan *lubiem* tidak hanya mendukung keberlanjutan, tetapi juga berperan penting dalam mewujudkan proses yang ramah lingkungan yang merupakan fokus utama dari prinsip kimia hijau. Hasil skor ditunjukkan pada **Gambar 4.9** di bawah ini



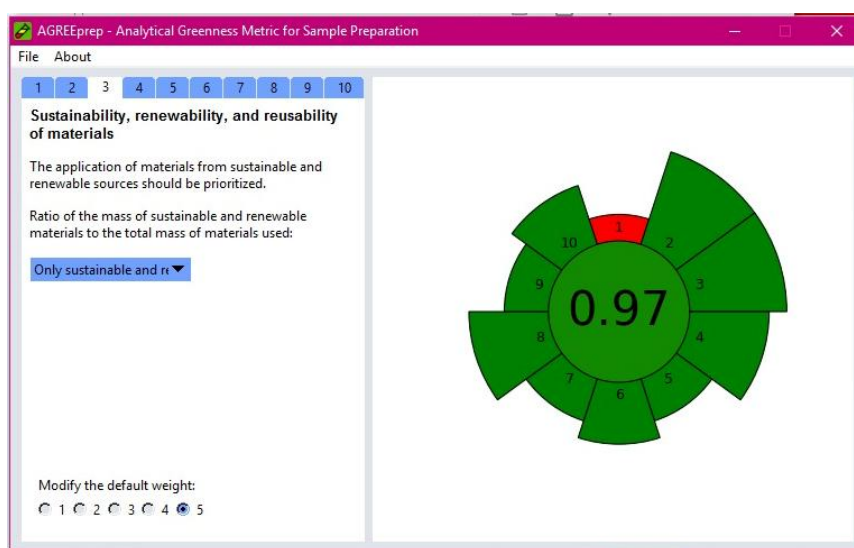
Gambar 4.9 *Greenness Values* Kriteria 2

Berdasarkan hasil skor yang dihasilkan dapat dilihat nilai keseluruhan proses masih sama dari sebelumnya yaitu 0,96. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penggunaan pelarut yang sesuai dengan prinsip dari *green sample preparation* akan mempertahankan nilai kehijauan.

3. *Target sustainable, reusable, and renewable materials*

Pembuatan gelatin dalam penelitian ini menggunakan limbah kulit ikan *lubiem* sebagai bahan yang berkelanjutan dan memanfaatkan buah belimbing wuluh sebagai pelarut asam alami yang juga merupakan bahan yang tergolong terbarukan.

Hal ini mendukung prinsip keberlanjutan dengan meminimalkan limbah dan mengurangi dampak terhadap lingkungan. Sehingga nilai kehijauan proses preparasi sampel pada pembuatan gelatin dalam penelitian ini menjadi meningkat sebesar 0,01 seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.10** di bawah ini

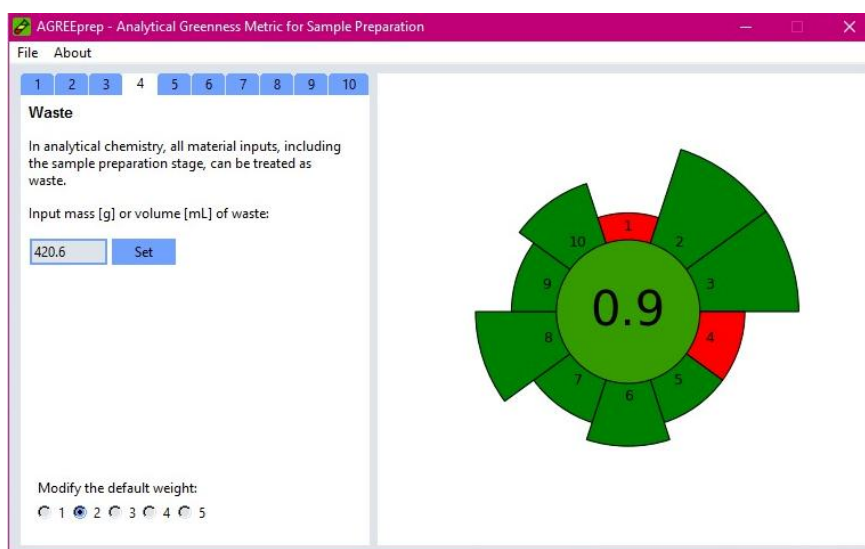


Gambar 4.10 *Greenness values* kriteria 3

4. *Minimize waste*

Dalam kimia analitik khususnya dalam preparasi sampel, semua material yang digunakan dapat dianggap sebagai limbah (Wojnowski et al., 2022). Hal ini karena bahan-bahan tersebut tidak ikut tercampur menjadi bagian dari hasil akhir yang dianalisis. Proses pembuatan gelatin dalam penelitian ini juga didasarkan pada prinsip yang sama, di mana pelarut asam yang digunakan yaitu belimbing wuluh dan sampel berupa limbah kulit ikan *lubiem* dihitung juga sebagai limbah. Namun, karena pelarut dan sampel yang digunakan merupakan material yang ramah lingkungan, bobot penilaian kriteria ini tidak terlalu berpengaruh secara signifikan terhadap pencemaran lingkungan. Berdasarkan hasil skor penilaian pada kriteria

ini yang ditunjukkan pada **Gambar 4.11**, dapat diketahui bahwa limbah yang dihasilkan dari proses preparasi sampel ini dapat mempengaruhi penurunan nilai kehijauan sebesar 0,07. Namun, karena limbah yang dihasilkan merupakan limbah organik yang dinilai memiliki dampak negatif yang lebih sedikit, sehingga dapat mempertahankan prinsip *green sample preparation* dan dianggap ramah lingkungan.

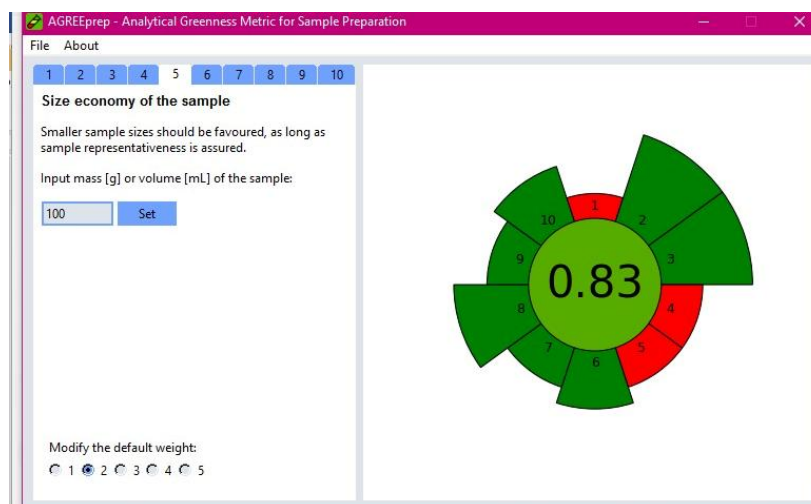


Gambar 4.11 *Greenness values* kriteria 4

5. *Minimize sample, chemical and material amounts*

Salah satu prinsip *green sample preparation* yaitu meminimalkan jumlah sampel, bahan kimia, dan material yang digunakan. Prinsip ini juga sejalan dengan konsep atom ekonomi dalam *green chemistry*. Atom ekonomi berhubungan dengan perhitungan seberapa besar proporsi atom dari bahan yang digunakan untuk membentuk produk. Selain itu, konsep ini juga digunakan untuk menentukan berapa banyak atom dari bahan awal yang tidak termasuk sebagai produk akhir, tetapi menjadi hasil samping produk seperti limbah (Sulaiman, 2021). Konsep atom ekonomi ini dapat mengevaluasi efisiensi penggunaan bahan dalam suatu

reaksi atau proses sekaligus mengidentifikasi potensi limbah yang dapat diminimalkan untuk meningkatkan keberlanjutan. Skor yang dihasilkan pada kriteria ini dapat mempengaruhi tingkat kehijauan atau skor akhir penilaian seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.12** di bawah ini.



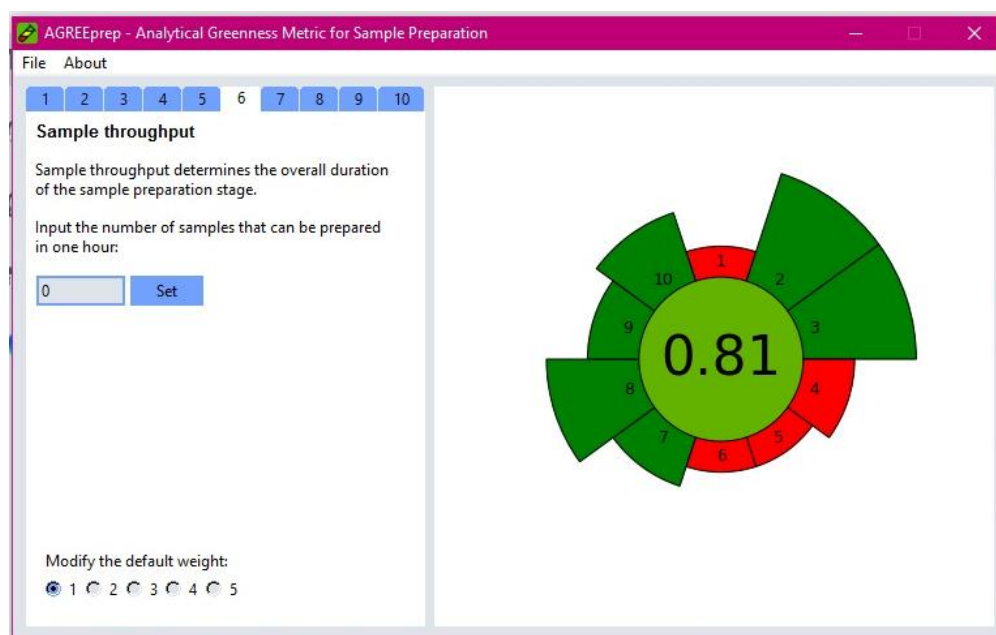
Gambar 4.12 *Greenness values* kriteria 5

Berdasarkan gambar 4.12 dapat dilihat bahwa nilai tingkat kehijauan mengalami penurunan sebesar 0,07 yang disebabkan oleh jumlah sampel kulit ikan *lubiem* yang digunakan. Namun, jumlah sampel dalam pembuatan gelatin ini telah dipertimbangkan untuk menghasilkan gelatin dengan jumlah yang cukup untuk dilakukan analisis lanjutan dalam menentukan karakteristik gelatin yang dihasilkan. Sehingga proses ini tetap mendukung prinsip atom ekonomi karena dalam proses ekstraksi limbah kulit ikan menjadi gelatin hampir semua komponen kolagen yang terdapat dalam kulit ikan dapat diubah menjadi gelatin dan hanya menghasilkan residu non-kolagen yang tidak berbahaya.

6. *Maximize sample throughput*

Prinsip ini mengutamakan peningkatan efisiensi proses dengan menghasilkan produk dalam waktu yang singkat. Namun, dalam ekstraksi gelatin penerapan

prinsip ini memiliki keterbatasan karena proses pembuatan gelatin yang memerlukan waktu yang relatif lama. Oleh karena itu, bobot penilaian dari kriteria ini dianggap rendah dalam mempengaruhi tingkat kehijauan dan diberikan nilai 1. Skor penilaian tingkat kehijauan dalam proses ini adalah sebesar 0,81 seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.13**. Skor akhir ini mengalami penurunan sebesar 0,02.



Gambar 4.13 Greenness values Kriteria 6

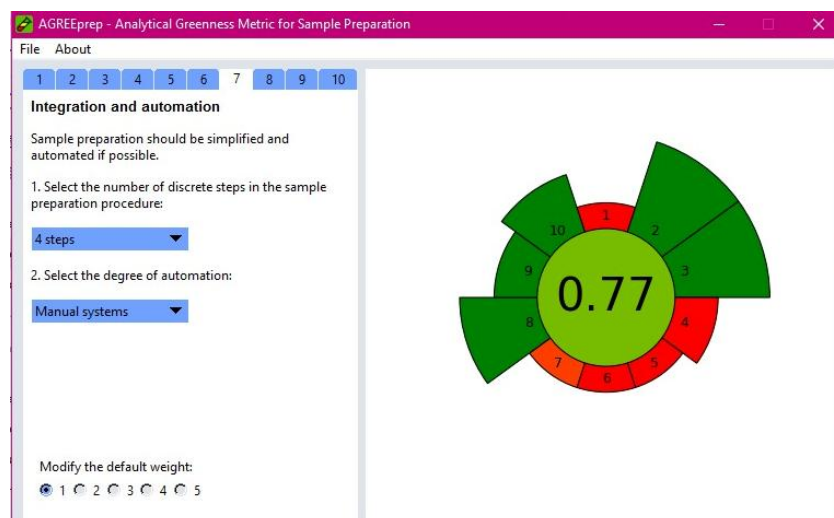
Ekstraksi gelatin terdiri dari beberapa tahapan, seperti perendaman sampel dalam pelarut asam, pemanasan, dan pengeringan, yang tidak dapat diselesaikan dalam waktu singkat. Waktu ekstraksi memiliki pengaruh dalam menghasilkan gelatin dengan kualitas yang baik. Menurut Miskiyah et al., (2022) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa lama waktu perendaman berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, kadar lemak dan pH. Pemilihan waktu ekstraksi dalam penelitian ini disesuaikan untuk memastikan gelatin yang dihasilkan memiliki kualitas tinggi. Hal ini dibuktikan dengan sifat fisikokimia gelatin yang dihasilkan. Meskipun waktu ekstraksi tidak memenuhi prinsip untuk

memaksimalkan *throughput* secara penuh namun, proses ekstraksi gelatin telah memenuhi efisiensi proses melalui optimalisasi hasil ekstraksi gelatin.

7. *Integrate steps and promote consumption*

Prinsip ini bertujuan untuk menyederhanakan proses dengan menggabungkan langkah-langkah yang diperlukan, sehingga dapat mengurangi waktu, energi, dan jumlah bahan kimia yang digunakan. Namun, tahapan dalam ekstraksi gelatin seperti perendaman, pemanasan, dan pengeringan memiliki fungsi khusus yang berbeda dan saling berhubungan tetapi tidak dapat digabungkan secara langsung. Proses hidrolisis kolagen dalam kulit ikan menjadi gelatin melalui tahapan yang terstruktur. Masing-masing tahapan dalam proses ekstraksi dilakukan dengan cara yang berbeda, di mana jika digabungkan secara langsung dapat memengaruhi efisiensi dan kualitas gelatin yang dihasilkan. Oleh karena itu, prinsip integrasi tahapan dalam pembuatan gelatin pada penelitian ini lebih menekankan pada optimalisasi waktu dan penggunaan energi.

Salah satu cara yang dilakukan dalam penelitian ini untuk mengintegrasikan tahapan pembuatan gelatin secara efisien adalah dengan pemilihan waktu ekstraksi yang disesuaikan untuk menghasilkan rendemen gelatin yang tinggi. Selain itu, penggunaan suhu ekstraksi juga disesuaikan dengan suhu optimal pada ekstraksi gelatin, sehingga proses ekstraksi berlangsung lebih efektif. Automatisasi proses dalam prinsip ini juga dianggap penting untuk dilakukan dalam pengurangan energi (Wojnowski et al., 2022). Penerapan automatisasi dalam pembuatan gelatin didasarkan pada penggunaan alat atau teknik ekstraksi yang lebih hemat energi.



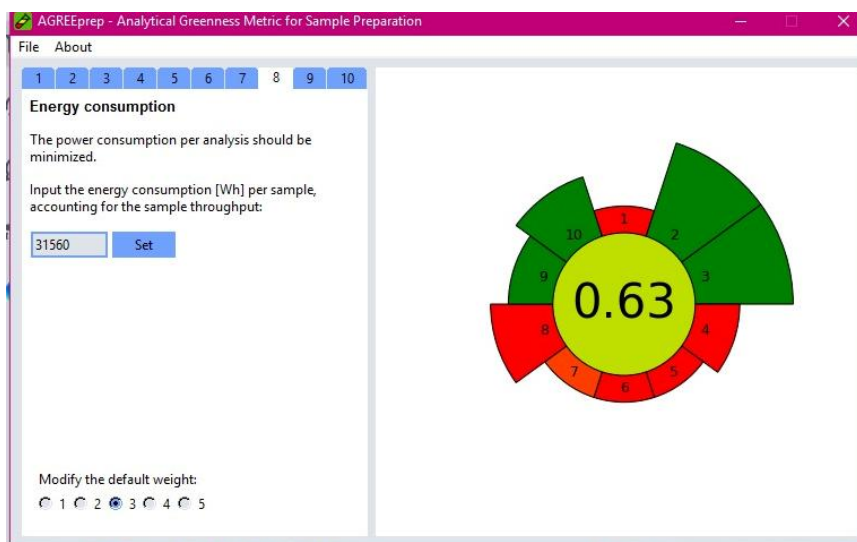
Gambar 4.14 *Greenness values* kriteria 7

Berdasarkan **Gambar 4.14** di atas dapat dilihat bahwa tingkat kehijauan metode ekstraksi mengalami penurunan. Penurunan ini disebabkan oleh proses ekstraksi gelatin terdiri dari beberapa langkah yang tidak dapat digabung, dan belum sepenuhnya dilakukan secara otomatis. Untuk mendukung prinsip kimia hijau, proses preparasi sampel sebaiknya dilakukan dengan metode otomatis karena dinilai lebih ramah lingkungan (Wojnowski et al., 2022). Namun, umumnya pembuatan gelatin masih dilakukan secara manual karena memerlukan pengontrolan yang lebih teliti untuk menghasilkan gelatin yang sesuai dengan standar mutu gelatin. Oleh karena itu, bobot penilaian terkait tingkat otomatisasi proses dan integrasi langkah dalam pembuatan gelatin dapat diturunkan.

8. *Minimize energy consumption*

Dalam kimia hijau, prinsip ini berfokus pada upaya untuk mengurangi penggunaan energi dalam proses produksi. Pada pembuatan gelatin, khususnya dalam penelitian ini, proses ekstraksi masih dilakukan secara manual dengan penggunaan energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem otomatis.

Sehingga dalam kriteria ini nilai kehijauan metode ekstraksi mengalami peneurunan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.15**.



Gambar 4.15 *Greenness values* kriteria 8

Berdasarkan hasil pengukuran dari total penggunaan energi dalam pembuatan gelatin yaitu sebesar 31.560 Wh, seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.15. Nilai ini menunjukkan total energi yang digunakan untuk mempertahankan suhu konstan selama proses ekstraksi gelatin yang berlangsung selama 24 jam. Pemilihan waktu ekstraksi selama 24 jam ini dikarenakan waktu ini merupakan waktu yang optimal untuk menghasilkan rendemen gelatin yang tinggi (Ardani, 2022). Sehingga proses ekstraksi masih terjaga efisiensinya dari segi kuantitas gelatin yang dihasilkan.

Meskipun pemilihan waktu ekstraksi yang lama ini dapat mengakibatkan total energi yang relatif tinggi. Namun, penggunaan waktu ekstraksi yang lebih singkat dikhawatirkan dapat menurunkan rendemen dan kualitas gelatin yang akan dihasilkan. Oleh karena itu, untuk mengurangi konsumsi energi, proses ekstraksi dapat dilakukan dengan menggunakan alat ekstraksi yang lebih hemat energi (daya

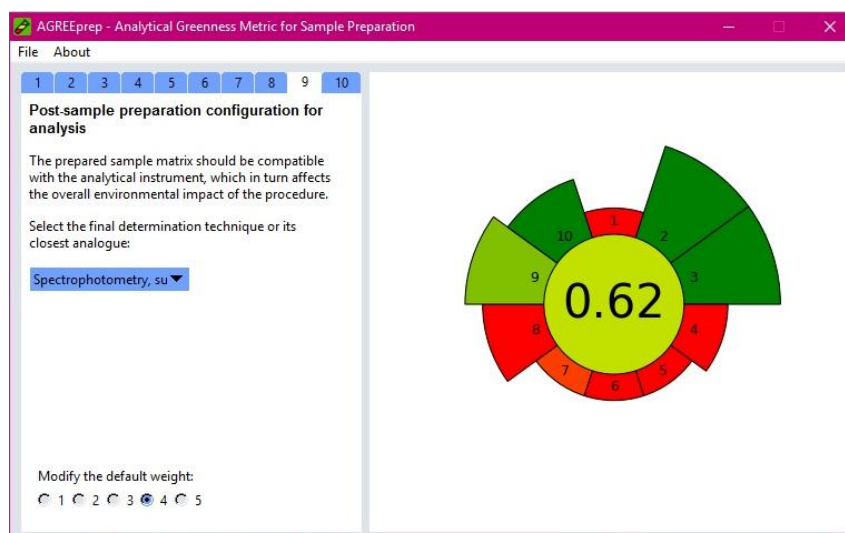
rendah). Sehingga dapat meningkatkan nilai kehijauan metode sekaligus menjaga kualitas gelatin.

9. *Choose the greenest possible post-sample preparation configuration for analysis*

Dalam prinsip *green sample preparation*, pemilihan instrumen yang paling ramah lingkungan untuk analisis pasca-preparasi sampel menjadi salah satu aspek penting. Prinsip ini menekankan pentingnya menggunakan metode analisis yang meminimalkan dampak lingkungan melalui pengurangan limbah, penggunaan bahan kimia berbahaya, dan konsumsi energi. Penilaian tingkat kehijauan dalam proses analisis dapat ditentukan dengan mengevaluasi instrumen yang digunakan, terutama dari segi potensi dampaknya terhadap lingkungan (Wojnowski et al., 2022).

Dalam penelitian ini, analisis gelatin kulit ikan lubiem yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan beberapa instrumen analisis untuk mengidentifikasi karakteristik dan sifat fisikokimia gelatin. Salah satu instrumen yang digunakan dan dianggap paling tidak ramah lingkungan adalah *furnace*, yang berfungsi untuk menganalisis kadar abu dengan cara membakar sampel pada suhu tinggi hingga menyisakan residu anorganik. *Furnace* memiliki konsumsi energi yang tinggi karena memerlukan suhu hingga 500–1000°C. Namun, berdasarkan skor penilaian untuk kriteria ini, *furnace* masih tergolong ke dalam kategori analisis nomor 2, yang berarti masih tergolong ramah lingkungan dibandingkan beberapa instrumen analisis lainnya yang memiliki risiko lingkungan lebih besar.

Sehingga tingkat kehijauan metode ekstraksi masih dapat dipertahankan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.16** di bawah ini



Gambar 4.16 *Greenness values* kriteria 9

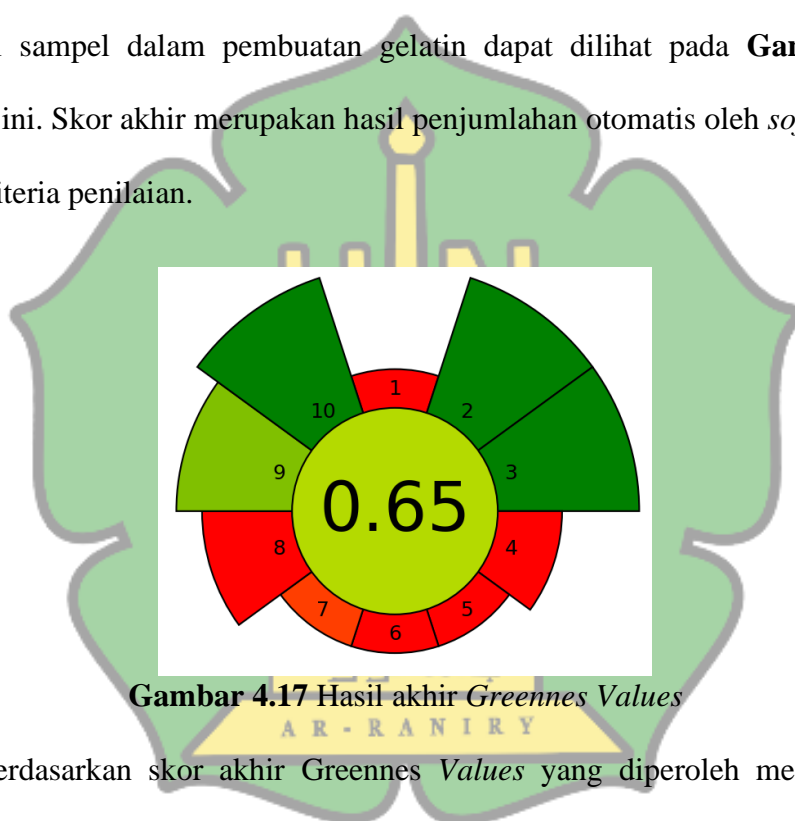
10. *Ensure safe procedures for the operator*

Prinsip terakhir ini menjadi salah satu prinsip yang penting dalam proses *green sample preparation*. Hal ini dikarenakan kriteria ini bertujuan untuk memastikan bahwa bahan kimia yang digunakan serta prosedur yang diterapkan tidak membahayakan kesehatan operator serta mampu meminimalkan risiko terhadap lingkungan. Dalam penelitian ini, pembuatan gelatin menggunakan bahan-bahan yang relatif aman, baik untuk operator maupun lingkungan. Bahan utama yang digunakan adalah limbah kulit ikan *lubiem*. Penggunaan limbah kulit ikan ini sebagai sumber isolasi kolagen alami dianggap tidak berbahaya karena tidak mengandung senyawa yang beracun. Selain itu, pelarut yang digunakan dalam penelitian ini merupakan bahan alami dan ramah lingkungan.

Prosedur ekstraksi gelatin yang dilakukan juga mengikuti standar keselamatan di dalam laboratorium. Selain itu, limbah residu yang dihasilkan berupa bahan non-

kolagen dari kulit ikan yang tidak bersifat *toxic*. Dengan menerapkan bahan-bahan dan prosedur yang aman, penelitian ini mendukung prinsip *green chemistry* khususnya *green sample preparation* di mana keselamatan operator menjadi hal yang perlu diperhatikan dan memastikan bahwa seluruh proses preparasi tidak menimbulkan dampak atau kerugian terhadap lingkungan.

Hasil penilaian akhir dari tingkat kehijauan atau *greenness values* dari metode preparasi sampel dalam pembuatan gelatin dapat dilihat pada **Gambar 4.17** dibawah ini. Skor akhir merupakan hasil penjumlahan otomatis oleh *software* dari setiap kriteria penilaian.



Gambar 4.17 Hasil akhir *Greenness Values*

Berdasarkan skor akhir *Greenness Values* yang diperoleh menggunakan software AGREEprep, metode preparasi sampel dalam proses ekstraksi gelatin dari kulit ikan *lubiem* mendapatkan nilai 0,65. Skor ini menunjukkan bahwa metode tersebut memiliki tingkat kehijauan yang baik atau merupakan metode yang ramah lingkungan. Rentang skor untuk evaluasi ini berada pada kisaran 0–1, di mana untuk nilai 0 menunjukkan bahwa metode yang sangat tidak hijau, sedangkan 1 menginterpretasikan tingkat kehijauan yang sangat tinggi (Wojnowski et al., 2022).

Selain itu, warna yang dihasilkan dari lingkaran tengah piktogram menunjukkan bahwa metode preparasi sampel dalam pembuatan gelatin dinilai cukup ramah lingkungan sedangkan perbedaan warna yang dihasilkan pada putaran piktogram menunjukkan tingkat kehijauan dari masing-masing kriteria, di mana warna merah menunjukkan tingkat kehijauan prosedur yang rendah dan hijau menunjukkan tingkat kehijauan yang tinggi. Keseluruhan nilai ini juga menunjukkan bahwa metode ekstraksi gelatin kulit ikan *lubiem* efektif untuk menghasilkan karakteristik gelatin dengan standar mutu gelatin yang baik.



BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan data yang dihasilkan pada penelitian ini dan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Gelatin kulit ikan *lubiem* (*Canthidermis maculata*) yang diekstraksi pada suhu 80°C selama 24 jam memiliki gugus fungsi yang serupa dengan gelatin komersial. Hasil uji fisikokimia gelatin menghasilkan rendemen sebesar 11,53%, kadar air 8,71%, kadar abu 0,1%, pH 4,71, viskositas 20 mPas dan kekuatan gel 44,01 bloom.
2. *Greenes values* metode ekstraksi gelatin kulit ikan *lubiem* (*Canthidermis maculata*) sebesar 0,65 menunjukkan tingkat kehijauan yang cukup baik dan secara umum menunjukkan bahwa metode ekstraksi gelatin kulit ikan *lubiem* (*Canthidermis maculata*) menggunakan pelarut asam alami belimbing wuluh efektif untuk menghasilkan gelatin dengan kualitas yang baik dengan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka beberapa saran yang dapat peneliti berikan sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut terhadap peningkatan kekuatan gel gelatin ikan untuk menghasilkan kualitas gelatin yang lebih baik dan dapat diaplikasikan secara luas.

2. Penelitian ini perlu dilakukan uji lebih lanjut terhadap *Greenness values* metode ekstraksi dengan menggunakan metode yang lebih hemat energi melalui penggunaan alat yang memiliki konsumsi daya rendah serta proses otomatis untuk meningkatkan *greenness values* atau nilai kehijauan.



DAFTAR PUSTAKA

- A. Aly, A., & Tadeusz, G. (2020). *Green Approaches to Sample Preparation Based on*. 1–33.
- Abdussalam-mohammed, W., Qasem, A., & Errayes, A. O. (2020). Green Chemistry: Principles, Applications, and Disadvantages. *Chemical Methodologies*, 4(4), 408–423. <https://doi.org/10.33945/sami/chemm.2020.4.4>
- Abriyani, E., Syalomita, D., Apriani, I. P., Puspawati, I., & Adiputra, S. (2024). Pengaruh Pengolahan Termal Terhadap Struktur Molekul Material Polimer Studi Dengan Spektroskopi FTIR. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(1), 3424–3432.
- Agustin, A. T. (2013). Gelatin Ikan: Sumber, Komposisi Kimia dan Potensi Pemanfaatannya. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 1(2), 44–46. <https://doi.org/10.35800/mthp.1.2.2013.4167>
- Agustini, T. W., Widayat, W., Suzery, M., Darmanto, Y., & Mubarak, I. (2020). Pengaruh jenis ikan terhadap rendemen pembuatan gelatin dari ikan dan karakteristik gelatinnya. *Indonesia Journal of Halal*, 2(2), 46–52. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/ijh/article/view/7342>
- Akbardiansyah, Desniar, & Uju. (2018). Karakteristik Ikan Asin Kambing-Kambing (*Canthidermis maculata*) Dengan Penggaraman Kering. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(2), 347. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v21i2.23090>
- Alauhdin, M., Tirza Eden, W., & Alighiri, D. (2021). Aplikasi Spektroskopi Inframerah untuk Analisis Tanaman dan Obat Herbal. *Inovasi Sains Dan Kesehatan*, 84–118. <https://doi.org/10.15294/.v0i0.15>
- Anam, C., & Atom, L. F. (2007). Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*, 10(2), 79–85–85.
- Anastas, P. T., & Kirchhoff, M. M. (2002). Origins, current status, and future challenges of green chemistry. *Accounts of Chemical Research*, 35(9), 686–694. <https://doi.org/10.1021/ar010065m>

- Ardani, M. N. dan A. sugiharto. (2022). Pengaruh Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Perendaman pada Pembuatan Gelatin dari Tulang Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) sebagai Pengental Sirup Nanas dari tulang , membran , kulit serta bagian. *Jitipari*, 7(2), 109–118.
- Aris, S. E., Jumiono, A., & Akil, S. (2020). Identifikasi Titik Kritis Kehalalan Gelatin. *Jurnal Pangan Halal*, 2(1), 17–22.
- Ariyanto, R., Ismawati, I., & Hanafi, I. (2023). Pembuatan Gelatin Tulang Ikan Tengiri (*Scomberomorus guttatus*) Dengan Variasi Penggunaan Jenis Cuka. *Prosiding : Seminar Nasional Ekonomi Dan Teknologi*, 123–132. <https://doi.org/10.24929/prosd.v0i0.2378>
- Aseptianova, A., & Yuliany, E. H. (2020). Penyuluhan Manfaat Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* Linn.) sebagai Tanaman Kesehatan di Kelurahan Kebun Bunga, Kecamatan Sukarami, Palembang. *Abdihaz: Jurnal Ilmiah Pengabdian Pada Masyarakat*, 2(2), 52. <https://doi.org/10.32663/abdihaz.v2i2.910>
- Capriyanda, P., & Mujiburohman, M. (2021). Isolasi Gelatin dari Limbah Tulang Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*): Pengaruh Suhu dan Waktu Ekstraksi. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 4(2), 59. <https://doi.org/10.20961/equilibrium.v4i2.47910>
- Chemat, F., Rombaut, N., Pierson, J. T., & Bily, A. (2015). *Green Extraction : From Concepts to Research , Education , and*.
- Febriana, L. G., Stannia P.H, N. A. S., Fitriani, A. N., & Putriana, N. A. (2021). Potensi Gelatin dari Tulang Ikan sebagai Alternatif Cangkang Kapsul Berbahan Halal: Karakteristik dan Pra Formulasi. *Majalah Farmasetika*, 6(3), 223. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v6i3.33183>
- Gelse, K., Pöschl, E., & Aigner, T. (2003). Collagens - Structure, function, and biosynthesis. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 55(12), 1531–1546. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2003.08.002>
- Hidayat, G., Nurcahya Dewi, E., & Rianingsih, L. (2016). Characteristics of Bone Gelatin Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Processed by Using Hydrolysis With Phosphoric Acid and Papain Enzyme. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan*

- Indonesia*, 19(1), 69–78. <https://doi.org/10.17844/jphpi.2016.19.1.69>
- Ikram, D., Sjamsiah, & Novianty, I. (2023). Karakteristik Gelatin yang Terbuat dari Kulit Ikan Mas (*Crypinus carpio*) dengan Metode Asam dan Basa. *Jurnal Saintiskom*, 1(1), 18–27.
- Irvan, M. (2019). The Effect of Gelatin Addition from Various Fish Skin to the Physical and Chemical Properties of Chikuwa. *Jurnal Ilmu Pangan Dan Hasil Pertanian*, 3(1), 78–93. <https://doi.org/10.26877/jiphp.v3i1.3796>
- Islami, A. D., Junianto, & Rostika, R. (2018). Karakteristik Fisik dan Kimia Gelatin Kulit Kakap pada Hasil Ekstraksi Suhu yang Berbeda. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 9(2), 34–40.
- Ismed, Yenrina, R., Hasbullah, Yusniwati, Syukri, D., Anggraini, T., & Viktor. (2023). Pengaruh Konsentrasi Crude Enzim Fisik terhadap Karakteristik Gelatin dari Kulit Ikan Tuna (*Thunnus albacares*). *Kajian Etnomatematika: Belajar Matematika Dengan Melibatkan Unsur Budaya*, 1225, 4.
- Jaya, F. M., & Rochyani, N. (2020). Ekstraksi Gelatin Tulang Ikan Gabus (*Channa striata*) dengan Variasi Asam yang Berbeda pada Proses Demineralisasi Extraction of Cork Fish Bone Gelatin (*Channa striata*) with Different Acid Variations in the Demineralization Process. *Oktober*, 25(3), 201–207.
- Karlina, I. R., & Atmaja, L. (2020). Ekstrak gelatin dari tulang rawan ikan Pari pada variasi larutan asam untuk perendaman. *Kimia*, 10(2), 1–10.
- Katili, A. S. (2009). Struktur Dan Fungsi Protein Kolagen. *Jurnal Pelangi Ilmu*, 2(5), 19–29.
- Khirzin, M. H., Ton, S., & Fatkhurrohman, F. (2019). Ekstraksi dan Karakterisasi Gelatin Tulang Itik Menggunakan Metode Ekstraksi Asam. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 14(2), 119–127. <https://doi.org/10.31186/jspi.id.14.2.119-127>
- Kristiandi, K., Rozana, Junardi, & Maryam, A. (2021). Analisis Kadar Air, Abu, Serat dan Lemak Pada Minuman Sirop Jeruk Siam (*Citrus nobilis* var. *microcarpa*). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 9(2), 165–171. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2021.009.02.07>
- López-Lorente, Á. I., Pena-Pereira, F., Pedersen-Bjergaard, S., Zuin, V. G., Ozkan,

- S. A., & Psillakis, E. (2022). The ten principles of green sample preparation. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 148. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116530>
- Manikyam, H. K., Spandana, V., & Poonam, T. (2011). International Research Journal of Pharmacy Issn 2230 -8407 Extraction and Determination of Collagen Peptide and Its Clinical Importance From Tilapia Fish Scales (*Oreochromis Niloticus*). *International Research Journal of Pharmacy*, 2(July), 2011.
- Marcinkowska, R., Namieśnik, J., & Tobiszewski, M. (2019). Green and equitable analytical chemistry. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 19, 19–23. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2019.04.003>
- Matsunuma, M., Ikeguchi, S., & Kai, Y. (2020). First specimen-based records of *Canthidermis macrolepis* (tetraodontiformes: Balistidae) from the pacific ocean and comparisons with *C. maculata*. *Species Diversity*, 25(2), 135–144. <https://doi.org/10.12782/SPECDIV.25.135>
- Minah, F., Drira, M., Siga, W., & Pratiwi, C. (2016). Ekstraksi Gelatin dari Hidrolisa Kolagen Limbah Tulang Ikan Tuna dengan Variasi Jenis Asam dan Waktu Ekstraksi. *SENIATI Institut Teknologi Nasional Malang*, 26–32.
- Miskah, S., Ramadianti, I. M., & Hanif, A. F. (2010). Pengaruh Konsentrasi CH_3COOH & HCl Sebagai Pelarut Dan Waktu Perendaman Pada Pembuatan Gelatin Berbahan Baku Tulang/Kulit Kaki Ayam. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(1), 1–6. <http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/view/97/94>
- Miskiyah, M., Sasmitaloka, K. S., & Budiyanto, A. (2022). Pengaruh lama waktu perendaman terhadap arakteristik gelatin ceker ayam. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 16(2), 186–192. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i2.11846>
- Moranda, D. P., Handayani, L., & Nazlia, S. (2018). Pemanfaatan limbah kulit ikan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) sebagai gelatin: Hidrolisis menggunakan pelarut HCl dengan konsentrasi berbeda. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 5(2), 81. <https://doi.org/10.29103/aa.v5i2.850>
- Mufida, S. N., & Herdyastuti, N. (2022). Ekstraksi Gelatin Sisik Ikan Nila

- (*Oreochromis* spp.) dengan Variasi Konsentrasi Asam Sitrat dan Waktu Demineralisasi. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 6(3), 193–204. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2022.vol.6.no.3.237>
- Mukhtarini. (2014). Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, Dan Identifikasi Senyawa Aktif. *J. Kesehat.*, VII(2), 361. <https://doi.org/10.1007/s11293-018-9601-y>
- Mutiari, S., Yusmita, L., & Ariyetti, A. (2023). Gelatin Halal Dari Kulit Kambing Etawa (*Capra aegagrus hircus*) Dengan Bahan Curing Asam Dan Basa. *Agroindustrial Technology Journal*, 7(1), 88–99. <https://doi.org/10.21111/atj.v7i1.9495>
- Nurilmala, M., Jacob, A. M., & Dzaky, R. A. (2017). Quality of Cultured Wader Pari During Storage at Different Temperature. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), 339. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.18049>
- Nurilmala, M., Sriwahyuni, D., Nugraha, R., Ridzka Kartika, V., Darmawan, N., Apriliani Wulandari Putri, E., Wirabudi Pranata, A., & Ochiai, Y. (2023). Response surface methodology (RSM) for optimization of gelatin extraction from pangasius fish skin and its utilization for hard capsules. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(8), 104938. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.104938>
- Oktaviani, I., Perdana, F., & Nasution, A. Y. (2017). Perbandingan Sifat Gelatin Yang Berasal Dari Kulit Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*) Dan Gelatin Yang Berasal Dari Kulit Ikan Komersil. *JOPS (Journal Of Pharmacy and Science)*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.36341/jops.v1i1.368>
- Pena-Pereira, F., Tobiszewski, M., Wojnowski, W., & Psillakis, E. (2022). A Tutorial on AGREEprep an Analytical Greenness Metric for Sample Preparation. *Advances in Sample Preparation*, 3(June), 100025. <https://doi.org/10.1016/j.sampre.2022.100025>
- Pertiwi, M., Atma, Y., Mustopa, A., & Maisarah, R. (2018). Karakteristik Fisik dan Kimia Gelatin dari Tulang Ikan Patin dengan Pre-Treatment Asam Sitrat. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7(2), 83–91. <https://doi.org/10.17728/jatp.2470>
- Plotka-Wasyłka, J., Fabjanowicz, M., Kalinowska, K., & Namiesnik, J. (2019). Green Analytical Chemistry; Past, Present and Perspectives. In *Green*

Chemistry Research Trends.

Poppe, J. (1992). *Gelatin*.

Rahmawan Kusa, S., Silvana Niau, A., Yusuf Universitas Negeri Gorontalo Jl Jend

Sudirman No, N., Tim, D., & Kota Tengah, K. (2022). Karakteristik Kolagen Kuit Ikan Tuna Sirip Kuning (*Thunnus albacares*) Pada Waktu Hidro-Ekstraksi Berbeda Dan Potensinya Dalam Bentuk Sediaan Nanokolagen.

Media Teknologi Hasil Perikanan, 10(2), 107–116.
<https://doi.org/10.35800/mthp.10.2.2022.41716>

Rizki, A., Zulfan, Z., & Yaman, M. A. (2020). Performan Ayam Broiler yang Diberi Ransum dengan Penggunaan Tepung Limbah Ikan Leubim (*Canthidermis maculata*).

Jurnal Peternakan, 17(2), 108.

<https://doi.org/10.24014/jupet.v17i2.9600>

Shahvalizadeh, R., Ahmadi, R., Davandeh, I., Pezeshki, A., Seyed Moslemi, S. A., Karimi, S., Rahimi, M., Hamishehkar, H., & Mohammadi, M. (2021). Antimicrobial bio-nanocomposite films based on gelatin, tragacanth, and zinc oxide nanoparticles – Microstructural, mechanical, thermo-physical, and barrier properties.

Food Chemistry, 354(January), 129492.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129492>

Siburian, W. Z., Rochima, E., Andriani, Y., & Praseptiangga, D. (2020). Fish gelatin (definition, manufacture, analysis of quality characteristics, and application): A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 8(4), 90–95. <http://www.fisheriesjournal.com>

Silviwanda, S., & Najib Tuisina. (2024). Physical Characteristics of Fishbone Gelatin (Gel Strength, Viscosity, and pH): Review. *Journal of Tropical Food and Agroindustrial Technology*, 5(01), 9–18.

<https://doi.org/10.21070/jtfat.v5i01.1619>

Sulaiman, F. (2021). *Desain Simbiosis Industri dalam Suatu Kawasan Industri Menuju Eco-Industrial Park*.

Suliasih, N., Sutrisno, A. D., & Respatyana, N. (2020). Variasi Waktu Ekstraksi Dan Jenis Asam Pada Proses Produksi Gelatin Tulang Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Pasundan Food Technology Journal*, 7(2), 65–69.

<https://doi.org/10.23969/pftj.v7i2.2982>

- Suryaningsih, S. (2016). Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi*) Sebagai Sumber Energi Dalam Sel Galvani. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 6(1), 11. <https://doi.org/10.26740/jpfa.v6n1.p11-17>
- Suryati, S., ZA, N., Meriatna, M., & Suryani, S. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Gelatin dari Ceker Ayam dengan Proses Hidrolisis. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 66. <https://doi.org/10.29103/jtku.v4i2.74>
- Suseno, J. E., & Firdausi, S. K. (2008). Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. *Berkala Fisika*, 11(1), 23–28.
- Syahputra, D. E., Muarif, A., Suryati, S., Azhari, A., & Mulyawan, R. (2022). Pembuatan Gelatin Dari Tulang Ikan Bandeng Dengan Metode Ekstraksi Dan Variasi Konsentrasi Asam Sitrat. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 2(4), 91. <https://doi.org/10.29103/cejs.v2i4.7842>
- Tazwir, T., Ayudiarti, D. L., & Peranginangin, R. (2014). Optimasi Pembuatan Gelatin dari Tulang Ikan Kaci-Kaci (*Plectorhynchus chaetodonoides* Lac.) Menggunakan Berbagai Konsentrasi Asam dan Waktu Ekstraksi. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 2(1), 35. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v2i1.26>
- Ulumiah, M., Alamsjah, M. A., & Pursetyo, K. T. (2020). The Effect of Different pH in Extraction Process Against Physicochemical Properties of Refined Iota Carrageenan from *Eucheuma spinosum* Seaweed. *Journal of Marine and Coastal Science*, 8(1), 14. <https://doi.org/10.20473/jmcs.v8i1.21142>
- Ward, A. G., & Courst, A. (1977). *The Science and Technology of Gelatin*. In *Academy Press, London New York San Fransisco* (Vol. 95, Issue 2). <https://doi.org/10.2307/3225105>
- Wojnowski, W., Tobiszewski, M., Pena-Pereira, F., & Psillakis, E. (2022). AGREEprep – Analytical greenness metric for sample preparation. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 149, 116553. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116553>
- Wulan Sari, N., Fajri, M. Y., & Anjas W. (2018). Analisis Fitokimia dan Gugus

Fungsi dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (*Musa Acuminate* (L.).
Ijobb, 2(1), 30.

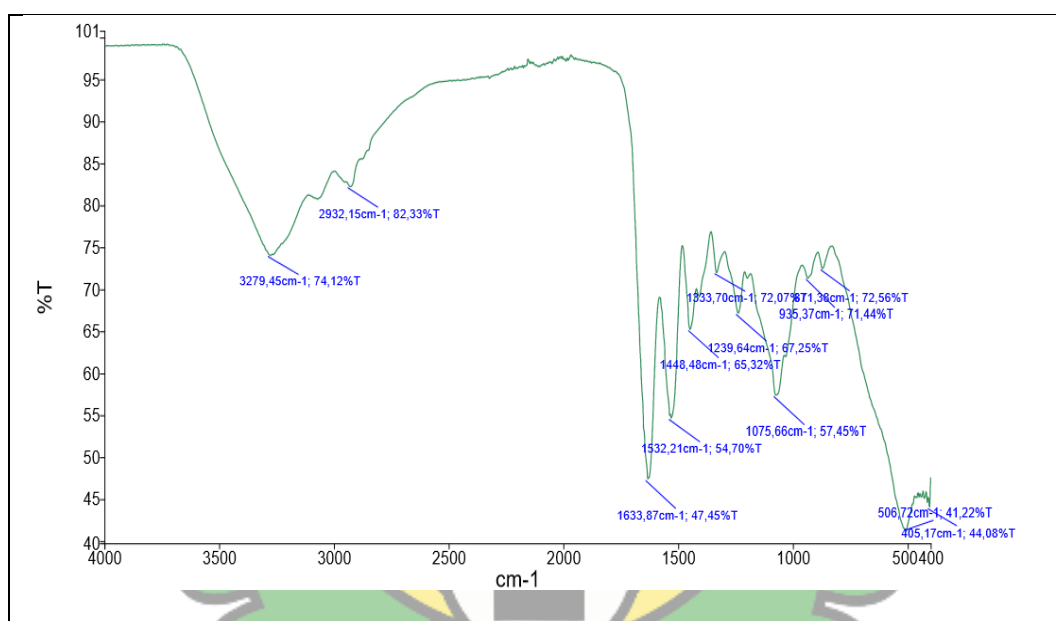


LAMPIRAN

Lampiran 1 : Hasil Fisikokimia Gelatin Kulit Ikan Lubiem (*Canthidermis maculata*)

Rendemen	Kadar air	Kadar abu	Viskositas	Kekuatan gel	pH
11,53%	8,71%	0,1%	20 mPas	44,01	5,71

Lampiran 2 : Spektrum FTIR Gelatin Kulit Ikan *Lubiem*



Source Spectra Results

Spectrume Name	Number of peaks
Gelatin Silvi (1)	12

List of Peak Area/Height

X (cm^{-1})	Y (%)
3279,45	74,12
2932,15	82,33
1633,87	47,45
1532,21	54,70
1448,48	65,32
1333,70	72,07
1239,64	67,25
1075,66	57,45
935,37	71,44
871,38	72,56

506,72	41,22
405,17	44,08

Lampiran 3 : Perhitungan Analisis Fisikokimia Gelatin

1. Perhitungan rasio yang digunakan dalam perendaman kulit ikan dengan belimbing wuluh

$$\text{Rasio} = \frac{\text{berat kulit ikan (gr)}}{\text{volume asam (mL)}}$$

$$\text{Rasio} = \frac{100 \text{ gr}}{500 \text{ mL}}$$

$$\text{Rasio} = 0,2 \text{ g/mL}$$

$$= 1:5$$

2. Rendemen

$$\% \text{Rendemen} = \frac{\text{berat kering}}{\text{berat sampel}} \times 100$$

$$\% \text{Rendemen} = \frac{5,7667 \text{ gr}}{50 \text{ gr}} \times 100$$

$$\% \text{Rendemen} = 11,53$$

3. Kadar air

Diketahui:

$$A : \text{Berat cawan kosong} = 51,2797 \text{ gr}$$

$$B : \text{Berat cawan dan sampel} = 53,1390 \text{ gr}$$

$$C : \text{Berat cawan sampel setelah dikeringkan} = 52,9769 \text{ gr}$$

$$\text{Kadar air} = \frac{B-C}{B-A} \times 100 \%$$

$$= \frac{53,1390 - 52,9769}{53,1390 - 51,2797} \times 100 \%$$

$$= \frac{0,1621}{1,8593} \times 100 \%$$

$$= 8,71\%$$

4. Kadar abu

Diketahui:

Berat awal sampel gelatin = 1,0769 gr

Berat cawan kosong = 41,7059 gr

Berat cawan + abu = 41,7073 gr

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat sampel}} \times 100 \%$$

$$= \frac{0,0014}{1,0769} \times 100 \%$$

$$= 0,1\%$$

Lampiran 4 : Perhitungan *Greenes Values* (Nilai Kehijauan)

1. Perhitungan Limbah untuk Kriteria 4

Diketahui :

Berat kulit ikan yang digunakan = 100 gram

322 gram belimbing wuluh → 500 mL larutan asam belimbing wuluh

Total penggunaan bahan = total limbah

$$100 \text{ gr} + 322 \text{ gr} = 422 \text{ gr}$$

2. Perhitungan konsumsi energi RANIRY

Diketahui :

Daya alat pemanas (*hot plate*) (W) = 515 watt

Waktu ekstraksi (*hour*) = 24 jam

Daya oven GP-45BE (W) = 800 watt

Waktu pengeringan = 24 jam = 19.200

Total energi = W x h

$$= (515 + 800 \text{ watt}) \times 48 \text{ jam}$$

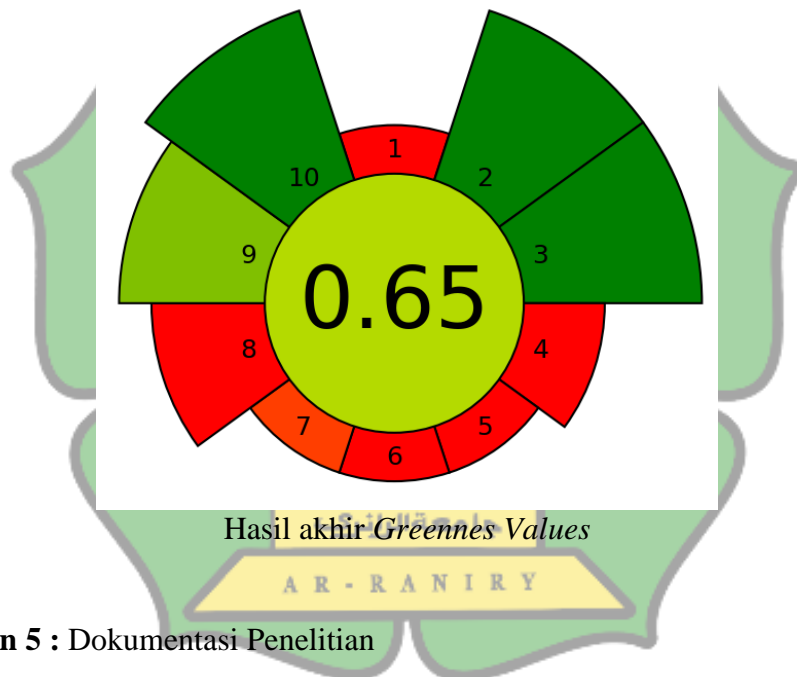
$$= 63.120 \text{ Wh}$$



Hot plate yang digunakan



Oven yang digunakan



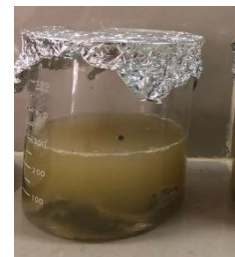
Lampiran 5 : Dokumentasi Penelitian



Ikan Lubiem



Proses degreasing



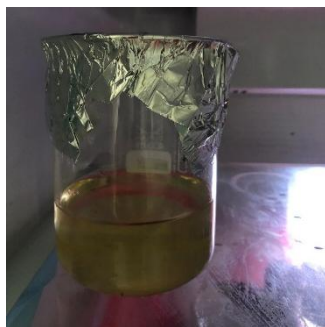
Proses demineralisasi

Setelah *demineralisasi*

Proses ekstraksi



Setelah ekstraksi



Filtrat yang didinginkan



Filtrat membentuk gel



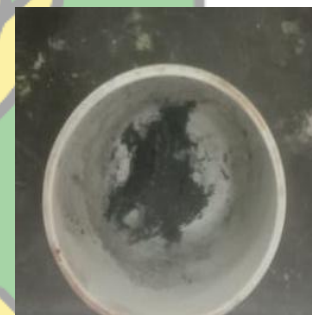
Proses pengeringan



Hasil pengeringan



Hasil uji kadar air



Uji kadar abu



Uji pH



Uji viskositas

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Silvi Nabilla
 NIM : 210208019
 Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan
 Program Studi : Pendidikan Kimia
 Tempat/Tanggal Lahir: Pulo Pisang, 21 April 2003



Alamat : Gp. Cucum, Kec. Kuta Baro, Kab. Aceh Besar
 Agama : Islam
 Telp/HP : 081265638363
 Email : silvinblaa@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

2009-2015 : SD Negeri 25 Banda Aceh
 2015-2018 : SMP Negeri 6 Banda Aceh
 2018-2021 : SMA Negeri 1 Sigli
 Perguruan Tinggi : UIN Ar- Raniry Banda Aceh

DATA ORANG TUA

Nama Ayah : Ferynaldy S.Pd., M.Pd
 Pekerjaan Ayah : Guru
 Nama Ibu : Linda Hafsari
 Pekerjaan Ibu : Ibu Rumah Tangga
 Alamat : Tijue, Kec. Pidie, Kab. Pidie