

**SINTESIS HIDROGEL DARI KOMBINASI SELULOSA RUMPUT LAUT
Gracilaria verrucosa DAN CARBOXYMETHYL SAGO STARCH (CMSS)
SEBAGAI ADSORBEN PEWARNA TEKSTIL KOMERSIAL**

***HYDROGEL SYNTHESIS FROM A COMBINATION OF Gracilaria verrucosa*
SEAWEED CELLULOSE AND CARBOXYMETHYL SAGO STARCH (CMSS)
AS A COMMERCIAL TEXTILE DYE ADSORBENT**



**NUDIA TULJANNAH
H012212004**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**SINTESIS HIDROGEL DARI KOMBINASI SELULOSA RUMPUT LAUT
Gracilaria verrucosa DAN CARBOXYMETHYL SAGO STARCH (CMSS)
SEBAGAI ADSORBEN PEWARNA TEKSTIL KOMERSIAL**

**NUDIA TULJANNAH
H012212004**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**HYDROGEL SYNTHESIS FROM A COMBINATION OF *Gracilaria verrucosa*
SEAWEED CELLULOSE AND CARBOXYMETHYL SAGO STARCH (CMSS)
AS A COMMERCIAL TEXTILE DYE ADSORBENT**

**NUDIA TULJANNAH
H012212004**



**STUDY PROGRAM OF MASTER CHEMISTRY
FACULTY OF MATHEMATIC AND NATURAL SCIENCES
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**SINTESIS HIDROGEL DARI KOMBINASI SELULOSA RUMPUT LAUT
Gracilaria verrucosa DAN CARBOXYMETHYL SAGO STARCH (CMSS)
SEBAGAI ADSORBEN PEWARNA TEKSTIL KOMERSIAL**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Magister Kimia

Disusun dan diajukan oleh

NUDIA TULJANNAH
H012212004

kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

TESIS

SINTESIS HIDROGEL DARI KOMBINASI SELULOSA RUMPUT LAUT *Gracilaria verrucosa* DAN CARBOXYMETHYL SAGO STARCH (CMSS) SEBAGAI ADSORBEN PEWARNA TEKSTIL KOMERSIAL

NUDIA TULJANNAH

H012212004

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Magister pada 05 Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

**Program Studi Magister Kimia
Departemen Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar**

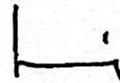
Mengesahkan:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

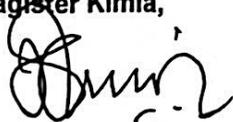


Prof. Ahyar Ahmad, Ph.D.
NIP. 19671231 199103 1 020



Dr. Dewi Sondari, M.Si.
NIP. 19681023 199703 2 003

Ketua Program Studi
Magister Kimia,



Prof. Dr. Hasnah Natsir, M.Si.
NIP. 19620320 198711 2 001

Dekan Fakultas MIPA
Universitas Hasanuddin,



Dr. Eng. Amiruddin, S.Si., M.Si.
NIP. 19720515 199702 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Sintesis Hidrogel dari Kombinasi Selulosa Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* dan *Carboxymethyl Sago Starch* (CMSS) sebagai Adsorben Pewarna Tekstil Komersial" adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing (Prof. Ahyar Ahmad, Ph.D sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Dewi Sondari, M.Si sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Prosiding (IOP Publishing) sebagai artikel dengan judul "*Properties of Hydrogel for Adsorbent Textile Dye Waste Based Cellulose-Carboxymethyl Sago Starch*". Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 05 Agustus 2024



Nudia Tuljannah
NIM. H012212004

UCAPAN TERIMA KASIH

Bismillahirrahmanirrahim, segala puji dan Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat Rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “**SINTESIS HIDROGEL DARI KOMBINASI SELULOSA RUMPUT LAUT *Gracilaria verrucosa* DAN CARBOXYMETHYL SAGO STARCH (CMSS) SEBAGAI ADSORBEN PEWARNA TEKSTIL KOMERSIAL**” sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Sains di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Shalawat dan salam kepada Nabi besar Muhammad SAW. Kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Rukman Samaila dan Ibu Masita Yunan, Ucapan terima kasih yang sangat besar dan tak terhingga untuk setiap semangat, motivasi, bantuan kasih sayang dan doa yang tidak henti-hentinya diberikan kepada saya.

Ucapan terima kasih dan penghargaan penulis sampaikan kepada selurut pihak yang membantu dalam proses penyelesaian tesis ini, terutama kepada Ayahanda **Prof. Ahyar Ahmad, Ph.D** dan Ibunda **Dr. Dewi Sondari, M.Si** selaku penasehat untuk penulis yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya dalam membimbing dan memberikan arahan yang baik, terutama dalam penyelesaian penelitian ini. Tak lupa penulis ucapkan terimakasih kepada Ibunda **Prof. Dr. Nunuk Hariani Soekamto, M.S.**, Ayahanda **Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Sc.**, dan Ayahanda **Dr. Syarifuddin Liong, M.Si.** selaku tim penguji yang telah banyak memberikan arahan dan masukan untuk penulis seta berkenan meluangkan waktu dan pikiran dalam membimbing dan memotivasi penulis hingga selesainya penelitian ini.

Penulis juga tidak lupa mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayahanda Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta selurut staf pegawai.
2. Ayahanda Dr. Eng. Amiruddin, S.Si, M.Si selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta selurut staf pegawai.
3. Ibunda Prof. Dr. Hasnah Natsir, M.Si selaku Ketua Program Studi S2 Kimia Universitas Hasanuddin, beserta dosen dan staf yang telah membantu penulis dalam perjalanan menyelesaikan pendidikan ini.
4. Ayahanda Dr. Akbar Hanif Dawam A, M.T sebagai Kepala Pusat Riset Biomaterial dan Bioproduk Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Cibinong yang telah memberikan izin penelitian.
5. Selurut Penyelia dan Analis Laboratorium di Pusat Riset dan Biomaterial dan Bioproduk BRIN Cibinong atas bantuan serta arahannya selama penelitian berlangsung.
6. Para Peneliti dan *Research Assistant* dan Teman-Teman Mahasiswa di Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Cibinong, Bogor atas bantuannya selama penulis melakukan penelitian.
7. Pak Irsan dan Ibu Risky Mahira yang telah membantu penulis dalam hal administrasi selama menempuh pendidikan.
8. Teman-teman Angkatan 2021 Genap atas bantuan dan semangat selama penulis menempuh pendidikan.

9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan tesis ini.

Penulis sadar bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak. Akhir kata, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pembacanya dan terutama bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, 05 Agustus 2024



Penulis

ABSTRAK

NUDIA TULJANNAH, **Sintesis Hidrogel dari Kombinasi Selulosa Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* dan *Carboxymethyl Sago Starch* (CMSS) Sebagai Adsorben Pewarna Tekstil Komersial** (dibimbing oleh Ahyar Ahmad dan Dewi Sondari)

Latar Belakang. Penggunaan polimer alam tunggal pada sediaan hidrogel dirasa belum cukup untuk menghasilkan hidrogel yang lebih tahan lama, stabil, dan kuat. Campuran berbagai polimer alami dapat saling memperbaiki kekurangan sifat fisikokimia dan menghasilkan sifat baru. Penelitian ini menggabungkan dua polimer alami, selulosa dan pati. **Tujuan.** (1) menentukan karakteristik hidrogel dari kombinasi rumput laut *G. verrucosa* dan *carboxymethyl sago starch* (CMSS) (2) menganalisis pengaruh konsentrasi *carboxymethyl sago starch* (CMSS) terhadap kemampuan swelling hidrogel dan konsentrasi campuran yang maksimum dalam pembuatan hidrogel antara *carboxymethyl sago starch* (CMSS) dan rumput laut *Gracilaria verrucosa* (3) menganalisis kemampuan hidrogel dari rumput laut *G. verrucosa* dengan *carboxymethyl sago starch* (CMSS) sebagai adsorben pewarna tekstil komersial. **Metode.** Penelitian ini menggabungkan hasil isolasi selulosa dengan pati sago yang dimodifikasi menjadi *carboxymethyl sago starch* (CMSS) dengan konsentrasi 0,09; 0,14; 0,24; 0,48 dan 0,96 mol/mol AGU. Penelitian ini mensintesis hidrogel dari selulosa rumput laut *G. verrucosa* dikombinasikan dengan CMSS yang ditambahkan 1 mL gliserol sebagai *plasticizer* dan 0,75 mL *epichlorohydrin* (ECH) sebagai agen pengikat silang dengan aplikasi sebagai adsorben pewarna tekstil komersial. Pengeringan hidrogel menggunakan oven dan *freeze dry*. Analisa CMSS berupa derajat substitusi, *water soluble index* (WSI) dan *swelling power* (SP). Sifat hidrogel ditandai dengan rasio *swelling*, fraksi gel, FTIR, dan SEM serta kemampuan adsorpsi hidrogel ditandai dengan efisiensi adsorpsi menggunakan *microplate reader*. **Hasil.** Isolasi selulosa rumput laut *G. verrucosa* menggunakan metode hidrolisis asam dan basa dengan autoklaf menghasilkan selulosa sebesar 14,24%. Hidrogel dapat disintesis secara optimal dengan penambahan *carboxymethyl sago starch* (CMSS) pada 0,96 mol/mol AGU. Hal ini didukung dengan hasil derajat substitusi yaitu 0,9979; *water soluble index* (WSI) 0,1015 dan *swelling power* (SP) 76,8979 pada CMSS 0,96 mol/mol AGU. Karakterisasi menggunakan FTIR dan analisis morfologi menggunakan SEM juga dilakukan diikuti dengan rasio *swelling* dan fraksi gel dari hidrogel yang dihasilkan. Sedangkan untuk efisiensi serapan hidrogel pewarna tekstil komersial menunjukkan hasil yang baik karena serapan masing-masing warna diatas 50%. **Kesimpulan.** Serapan warna terbaik adalah ungu dengan konsentrasi CMSS sebesar 0,96 mol/mol AGU sebesar 88,76% untuk hidrogel dengan pengeringan menggunakan *freeze dry* (EFD) dan 86,09% untuk hidrogel dengan pengeringan menggunakan oven (EOH).

Kata Kunci: *Gracilaria verrucosa*, selulosa, *carboxymethyl sago starch*, hidrogel, pewarna tekstil

ABSTRACT

NUDIA TULJANNAH, **Hydrogel Synthesis from a Combination of *Gracilaria verrucosa* Seaweed Cellulose and Carboxymethyl Sago Starch (CMSS) as a Commercial Textile Dye Adsorbent** (supervised by Ahyar Ahmad and Dewi Sondari)

Background. The use of a single natural polymer in hydrogel preparations is considered insufficient to produce hydrogels that are more durable, more stable, and stronger. Blends of various natural polymers can improve each sago other's lack of physicochemical characteristics and produce new properties. This research combines two natural polymers, cellulose and starch. **Purpose.** (1) identifying the hydrogel's characteristics when carboxymethyl sago starch (CMSS) and *G. verrucosa* seaweed are combined. (2) analyze the effect of carboxymethyl sago starch (CMSS) concentration on the swelling ability of hydrogels and the maximum mixture concentration in making hydrogels between carboxymethyl sago starch (CMSS) and *Gracilaria verrucosa* seaweed (3) analyze the ability of hydrogel from *G. verrucosa* seaweed with carboxymethyl sago starch (CMSS) as a commercial textile dye adsorbent. **Method.** This research combined the results of cellulose isolation with sago starch, which was modified to become carboxymethyl sago starch (CMSS) with a concentration of 0.09, 0.14, 0.24, 0.48, and 0.96 mol/mol AGU. This research synthesizes a hydrogel from *G. verrucosa* seaweed cellulose combined with CMSS, with 1 mL of glycerol as a plasticizer and 0.75 mL of epichlorohydrin (ECH) as a cross-linking agent, with application as an adsorbent for commercial textile dyes. Hydrogel drying uses an oven and freeze-drying. CMSS analysis consists of degree of substitution, water soluble index (WSI), and swelling power (SP). The hydrogel properties were characterized by swelling ratio, gel fraction, FTIR, and SEM, and the hydrogel adsorption ability was characterized by adsorption efficiency using a microplate reader. **Results.** Isolation of *G. verrucosa* seaweed cellulose using the acid and base hydrolysis method with autoclaving produced 14.24% cellulose. Hydrogels can be synthesized optimally by adding carboxymethyl sago starch (CMSS) at 0.96 mol/mol AGU. This is supported by the results of the degree of substitution, namely 0.9979; water soluble index (WSI) 0.1015; and swelling power (SP) 76.8979 at CMSS 0.96 mol/mol AGU. Characterization using FTIR and morphological analysis using SEM were also carried out, followed by the swelling ratio and gel fraction of the resulting hydrogel. Meanwhile, the absorption efficiency of commercial textile dye hydrogels showed good results because the absorption of each color was above 50%. **Conclusion.** The best color absorption was purple, with a CMSS concentration of 0.96 mol/mol and an and an AGU of 88,76% for hydrogel dried using freeze-dry (EFD) and 86.09% for hydrogel dried using an oven (EOH).

Keywords: *Gracilaria verrucosa*, cellulose, carboxymethyl sago starch, hydrogel, and textile dye

DAFTAR ISI

	Halaman
UCAPAN TERIMA KASIH.....	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR ARTI LAMBANG/SINGKATAN	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN METODE PENELITIAN	
2.1 Waktu dan Tempat	5
2.2 Alat dan Bahan.....	5
2.2.1 Alat.....	5
2.2.2 Bahan.....	5
2.3 Prosedur Kerja.....	5
2.3.1 Pengambilan Sampel	5
2.3.2 Preparasi Rumput Laut <i>Gracilaria verrucosa</i>	5
2.3.3 Isolasi Selulosa dari Rumput Laut <i>Gracilaria verrucosa</i>	6
2.3.4 Modifikasi Pati Sagu dengan Metode Karboksimetilasi	6
2.3.5 Uji <i>Carboxymethyl Sago Starch</i> (CMSS)	
2.3.5.1 <i>Swelling Power</i> (SP) dan <i>Water Soluble Index</i> (WSI)	6
2.3.5.2 Uji Derajat Substitusi.....	7
2.3.6 Sintesis Hidrogel	8
2.3.7 Uji Sediaan Hidrogel.....	8
2.3.7.1 Uji Rasio <i>Swelling</i>	8
2.3.7.2 Uji Fraksi Gel	8
2.3.8 Karakterisasi Hidrogel	8
2.3.8.1 Uji FTIR.....	8
2.3.8.2 Uji SEM.....	8
2.3.9 Analisis Adsorpsi Pewarna Tekstil Komersial pada Hidrogel	9
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	
3.1 Preparasi Rumput Laut <i>Gracilaria verrucosa</i>	10
3.2 Isolasi Rumput Laut <i>Gracilaria verrucosa</i>	10
3.3 Modifikasi Pati Sagu dengan Metode Karboksimetilasi	15
3.4 Uji <i>Carboxymethyl Sago Starch</i> (CMSS)	19
3.4.1 <i>Swelling Power</i> (SP) dan <i>Water Soluble Index</i> (WSI)	19
3.4.2 Derajat Substitusi	20
3.5 Sintesis Hidrogel	21
3.5.1 <i>Swelling</i> Hidrogel.....	23
3.5.2 Fraksi Gel.....	25
3.6 Analisis Adsorpsi Pewarna Tekstil Komersial pada Hidrogel	26
3.7 Karakterisasi Hidrogel Menggunakan FTIR dan SEM	29
3.7.1 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	29
3.7.2 <i>Scanning Electrone Microscope</i> (SEM).....	31

BAB IV KESIMPULAN	33
DAFTAR PUSTAKA.....	34
LAMPIRAN	40

DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
1. Analisis Gugus Fungsi Rumput Laut <i>G.verrucosa</i>	15
2. Analisis Gugus Fungsi CMSS.....	18
3. <i>Water Soluble Index</i> (WSI) dan <i>Swelling Power</i> (SP) CMSS.....	19
4. Derajat Substitusi CMSS	20
5. Swelling Hidrogel menggunakan Oven.....	24
6. <i>Swelling</i> Hidrogel menggunakan <i>Freeze dry</i>	24
7. Analisis Gugus Fungsi Hidrogel Sebelum dan Setelah Adsorpsi Pewarna Tekstil Komersial	30

DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut		Halaman
1.	(a) Rumput Laut <i>G. verrucosa</i> (b) Rumput Laut <i>G. verrucosa</i> yang telah dikeringkan (c) serbuk Rumput Laut <i>G. verrucosa</i>	10
2.	Reaksi Isolasi Selulosa	12
3.	Selulosa Rumput Laut <i>Gracilaria verrucosa</i>	13
4.	Spektrum FTIR Selulosa Komersial dan Selulosa <i>G. verrucosa</i>	14
5.	Mekanisme Reaksi Sintesis CMSS via Williamson Eter dengan Menggunakan NaOH dan SMCA	16
6.	Spektrum FTIR Native Sago dan CMSS 0,09; 0,14; 0,24; 0,48 dan 0,96 mol/mol AGU	17
7.	Reaksi Sintesis Hidrogel	22
8.	Hidrogel (a) Sebelum <i>swelling</i> (pengeringan menggunakan <i>freeze dry</i>) (b) setelah <i>swelling</i> (c) sebelum <i>swelling</i> (pengeringan menggunakan oven) (d) setelah <i>swelling</i>	23
9.	Grafik Fraksi Gel Hidrogel	25
10.	Aplikasi Hidrogel sebagai Adsorben Pewarna Tekstil Komersial (a) Hidrogel pengeringan menggunakan <i>freeze dry</i> (b) Hidrogel pengeringan menggunakan oven	26
11.	Interaksi Hidrogel Terhadap Zat Pewarna Tekstil Komersial	27
12.	Grafik Adsorpsi Hidrogel (Oven) Terhadap Pewarna Tekstil Komersial	28
13.	Grafik Adsorpsi Hidrogel (<i>Freeze dry</i>) Terhadap Pewarna Tekstil Komersial	28
14.	Spektrum FTIR Hidrogel Sebelum dan Setelah Adsorpsi Pewarna Tekstil Komersial	29
15.	Morfologi Permukaan Hidrogel menggunakan (a) hidrogel pengeringan menggunakan oven (b) hidrogel pengeringan menggunakan <i>freeze dry</i> (c) hidrogel setelah adsorpsi pewarna tekstil komersial dengan perbesaran 500x dan 2000x	31

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut	Halaman
1. Bagan Kerja Penelitian.....	40
2. Hasil dan Data Analisa.....	47
3. Dokumentasi Penelitian.....	86

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Penjelasan
<i>G. verrucosa</i>	<i>Gracilaria verrucosa</i>
CMSS	<i>Carboxymethyl Sago Starch</i>
SMCA	<i>Sodium Monochloroacetate</i>
AGU	Anhidro Glukosa
DS	Derajat Substitusi
NS	<i>Native sago</i>
WSI	<i>Water Soluble Index</i>
SP	<i>Swelling Power</i>
ECH	<i>Epichlorohydrin</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>
SEM	<i>Scanning Electrone Microscope</i>

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industrialisasi yang sangat pesat dalam beberapa tahun terakhir menyebabkan peningkatan limbah industri yang mengandung pewarna. Industri percetakan kertas, kulit, makanan, kosmetik dan tekstil menyumbang sejumlah besar air limbah yang mengandung zat warna. Paparan dari pewarna tekstil dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti muntah, mual dan kesulitan bernapas pada manusia, bahkan pada konsentrasi rendah. Akumulasinya dalam air dapat menghambat penetrasi sinar matahari, sehingga menghambat berlangsungnya fotosintesis (Malatji dkk, 2020).

Kelarutan zat pewarna yang tinggi menyebabkan polutan air yang umum dan sering ditemukan di perairan pembuangan industri. Lebih dari 700.000 ton pewarna sintetis diproduksi di seluruh dunia setiap tahun. Industri tekstil membuang limbah pewarna dalam jumlah terbesar, menyumbang lebih dari separuh limbah pewarna yang diamati di lingkungan di seluruh dunia yaitu sekitar 54%. (Crini dkk, 2019). Adanya zat warna dalam air limbah yang mengalir ke badan air membuat cahaya sulit tembus dan berdampak negatif terhadap aktivitas fotosintesis. Pewarna buatan atau tekstil bersifat karsinogenik dan tidak dapat terurai secara hayati (Roa dkk, 2021).

Zat warna tekstil umumnya dibuat dari senyawa azo dan turunannya yang merupakan gugus benzene yang sangat sulit didegradasi. Senyawa azo apabila terlalu lama berada di lingkungan akan menjadi sumber penyakit karena sifat karsinogenik dan mutagenik. Zat warna azo adalah senyawa yang paling banyak terdapat pada limbah yaitu sekitar 60-70%. (Zein dkk, 2019). Zat warna yang berkromofor azo ini yang paling banyak adalah zat warna reaktif yang terikat pada serat dengan ikatan kovalen yang sifatnya lebih kuat daripada ikatan lainnya sehingga sukar dilunturkan. Hal ini disebabkan produksi bahan tekstil saat ini adalah serat sintetis. Lingkup zat warna azo sangat luas dari warna kuning, merah, jingga, hijau, ungu dan hitam. (Pratomo dkk, 2020).

Produksi tekstil modern saat ini semakin meluas namun tidak didukung dengan pengolahan air limbah yang memadai (Alfei dkk, 2023). Telah banyak teknik yang digunakan untuk pengolahan air limbah seperti proses kimia dan aktivitas biologis yaitu degradasi, pertukaran ion, fotokatalisis dan adsorpsi. Adsorpsi adalah salah satu teknik yang paling baik untuk mengatasi limbah pewarna tekstil karena karakteristiknya yang ramah lingkungan, biaya rendah dan efisiensi tinggi (Rehman dkk, 2019).

Adsorben yang baik biasanya mengandung gugus hidroksil (-OH) yang biasanya terdapat pada selulosa dan pati. Gugus hidroksil (-OH) yang terdapat pada selulosa dan pati memiliki fungsi yang beragam, antara lain sebagai penyimpan air karena memiliki daya serap yang tinggi. Salah satu sumber selulosa dan pati yaitu terdapat pada rumput laut dan sagu (Duman, 2019).

Rumput laut termasuk salah satu komoditas ekspor dan perikanan budidaya yang sangat diunggulkan. Dinas Perikanan dan Kelautan Sulawesi mencatat produksi rumput laut pada triwulan I-2021 mencapai 935,8 ton dengan jenis *Gracillaria* sebanyak 246.000 ton. Pemanfaatan rumput laut di Indonesia terbatas sebagai bahan makanan bagi

penduduk yang tinggal di daerah pesisir bahkan seringkali rumput laut hanya dibiarkan sebagai sampah lautan (Khalil dkk., 2017).

Sulawesi Selatan memiliki potensi pengembangan rumput laut pada area seluas 250 ribu hektar di sepanjang 1.973 km garis pantai, dan baru sekitar 10-20% yang dimanfaatkan. Selama ini Sulawesi Selatan adalah salah satu provinsi yang mempunyai produksi rumput laut terbesar kedua di dunia setelah Negara Chili. Kabupaten Takalar merupakan salah satu daerah di Sulawesi Selatan yang mempunyai potensi produksi rumput laut *Gracilaria verrucosa* (Agustang, 2021). Kandungan selulosa dalam rumput laut ini berpotensi untuk dijadikan sebagai polimer alami dalam proses sintesis hidrogel untuk adsorpsi pewarna tekstil komersial.

Rumput laut memiliki komponen kimiawi yang salah satunya adalah selulosa. Hasil penelitian Wadi dkk (2019) menunjukkan kadar selulosa pada rumput laut *Gracilaria verrucosa* yaitu 7,7%. Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Lestari dkk (2013) memperoleh kadar selulosa pada rumput laut jenis tersebut sekitar 17,62%. Oleh karena itu, selulosa dalam rumput laut *G. verrucosa* dapat digunakan sebagai biomassa dalam pembuatan hidrogel (Marvita dkk, 2021).

Hidrogel termasuk komposit polimer hidrofilik dengan jaringan tiga dimensi yang dapat menyerap dan menahan air atau larutan berair volume besar. Hal ini dikarenakan terdapat gugus fungsional hidrofilik yang membuat kemampuan absorpsi cairan menjadi sangat baik. Sementara itu, pembentukan ikatan silang antar rantai polimer berkontribusi pada polimer yang tidak larut. Dalam beberapa tahun terakhir, semakin banyak perhatian mengenai hidrogel untuk aplikasi luasnya di bidang pertanian, konstruksi, produk higienis, pengemasan makanan, biosensor dan pengolahan air limbah (Liu dkk, 2019).

Penggunaan polimer alam tunggal pada sediaan hidrogel kurang diminati, dimana dinilai masih belum cukup untuk menghasilkan sediaan yang lebih awet, lebih stabil, dan lebih kuat seperti sediaan dari polimer sintetik. Campuran berbagai polimer alami dapat saling memperbaiki kekurangan karakteristik fisikokimia masing-masing dan dapat menghasilkan karakteristik baru pada campuran seperti pati sagu yang telah dimodifikasi menggunakan sodium monokloroasetat (Tan dkk, 2015).

Pati termasuk sejenis karbohidrat yang terbentuk dari dua komponen, yaitu amilosa dan amilopektin. Salah satu tanaman yang mengandung pati adalah sagu. Produksi pati sagu memiliki keuntungan yaitu biaya yang rendah namun memiliki hasil yang tinggi. Pati sagu memiliki kandungan amilosa sekitar 27%, jumlah ini lebih tinggi daripada kandungan amilosa yang terdapat dalam beras (17%) dan gandum (25%). Kandungan amilosa dalam pati sagu menghasilkan sifat hidrokoloid yang berguna dalam proses pembentukan gel dan pembentukan film (Mansauda dkk, 2023).

Pati sagu memiliki potensi yang tinggi untuk dieksplorasi dalam pengembangan hidrogel karena kelimpahan bahan yang ada di alam, mudah didapatkan, harga relatif murah dan mudah didaur ulang (*renewable*) serta kemudahannya untuk dimodifikasi (*versatile compound*) secara fisikokimia. Selain itu, pati memiliki komposisi amilosa yang tinggi (Kaya, 2020). Menurut penelitian Sumardiono, dkk 2018 pati sagu mengandung 15-30% amilosa dan 70-80% amilopektin. Tingginya kandungan amilosa pada pati sagu berdampak pada kemampuan dalam membentuk gel atau film yang kuat sehingga berpotensi untuk diaplikasikan sebagai hidrogel. Selain memiliki kelebihan, pati sagu alami juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu sulit larut dalam air dingin, mudah

tergelatin, dan memiliki viskositas yang tinggi sehingga dalam proses aplikasinya perlu dilakukan modifikasi terlebih dahulu. Proses modifikasi bertujuan untuk memperbaiki atau meningkatkan sifat sagu agar dapat menghasilkan hidrogel dengan sifat mekanik yang baik (Ningrum dkk, 2021).

Pati telah digunakan oleh banyak industri di dunia karena merupakan bahan termurah, terbarukan dan polimer alami yang paling tersedia. Salah satu karakteristik pati yaitu biodegradabilitasnya. Hidrogel berbasis pati memiliki sifat pembengkakan yang buruk dikarenakan struktur heliks dan daerah kristal membatasi mobilitas rantai polimer (Zahib dkk, 2021). Agar dapat bersaing, pati sagu harus dimodifikasi untuk mengatasi kekurangan pati asli dan meningkatkan kegunaannya untuk aplikasi industri. Oleh karena itu, pati dimodifikasi untuk menghasilkan *carboxymethyl sago starch* (CMSS) melalui proses karboksimetilasi (Othman dkk, 2015). Modifikasi pati sagu sangat penting untuk mengintensifkan sifat industrinya dan modifikasi ini untuk meningkatkan pembengkakan, kelarutan dan transmisi cahaya. Modifikasi dengan *crosslinking* dapat dilakukan melalui reaksi kimia yang diawali oleh perubahan pH, radiasi, panas atau tekanan. Perlakuan pengikatan silang dilakukan untuk meningkatkan ikatan kimia dalam suatu granula agar stabil dan memperkuat pati yang relatif lunak. Pati yang diolah melalui pengikatan silang dapat memperbaiki kekuatan tarik dan stabilitas termal. Pati sagu termodifikasi seperti *carboxymethyl sago starch* (CMSS) dinyatakan dapat meningkatkan sifat fisikokimia seperti kemampuan mengembang dalam air dingin, stabilitas beku cair dan kecenderungan retrogradasi yang rendah (Mohamood dkk, 2018)

Polimer pada hidrogel dapat dihubungkan dengan ikatan silang baik secara fisik maupun kimia. Pengikatan silang kimiawi adalah metode yang digunakan untuk membuat hidrogel dengan stabilitas mekanis yang baik dengan menggunakan senyawa kimia yang mengandung gugus fungsi seperti hidroksil (-OH), asam karboksilat (-COOH) dan amina (-NH₂) (Hennink dan Nostrum, 2012). Ikatan silang secara kimia salah satunya dengan menggunakan epiklorohidrin (ECH) sebagai pengikat silang. Keunggulan ECH sebagai pengikat silang lebih murah, ramah lingkungan dan tidak terlalu toksik dibandingkan pengikat silang konvensional (Ritonga dkk 2019).

Selain pengikatan silang, proses pengeringan hidrogel juga sangat berperan penting dalam mengubah sifat morfologi dan struktural hidrogel, mempengaruhi mekanisme penyerapan air karena penataan ulang jaringan polimer tiga dimensi pada hidrogel. Tahapan pengeringan pada hidrogel sangat mempengaruhi kualitas daya serap hidrogel yang dihasilkan. Metode pengeringan yang digunakan untuk pengeringan hidrogel yaitu menggunakan oven dan *freeze dry*. Kecepatan pengeringan menggunakan oven tergantung dari tebal bahan yang dikeringkan. Penggunaan oven biasanya digunakan untuk skala kecil. Kelebihan dari oven yaitu produk yang dihasilkan akan lebih higienis karena dalam prosesnya alat pengering oven memiliki ruang termal yang terisolasi sehingga proses pencemaran dari lingkungan luar bisa dihindari, selain itu juga suhu dan kondisi operasi pengeringan dapat diatur (Wolf dkk, 2021).

Pengeringan beku (*freeze drying*) termasuk salah satu metode pengeringan yang mempunyai keunggulan dalam mempertahankan mutu hasil pengeringan. Keunggulan produk dengan menggunakan metode *freeze drying* yaitu produk yang dihasilkan akan menjadi lebih stabil kualitasnya (tidak terjadi perubahan aroma, warna, dan unsur organoleptik lainnya). Struktur bahan di dalam produk tetap stabil (tidak terjadi

pengkerutan atau perubahan bentuk pada struktur bahan). Daya rehidrasi produk meningkat (dengan hasil pengeringan yang sangat berongga sehingga daya rehidrasi sangat tinggi (Kuo dkk, 2021).

Kapasitas pembengkakan dan retensi air yang baik serta biodegradabilitas yang diinginkan dari hidrogel membuatnya dapat diterapkan di berbagai bidang seperti pertanian, rekayasa jaringan organ dan adsorpsi zat pewarna pada pengolahan air limbah industri (Khusbu dkk, 2019). Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian sintesis hidrogel dari kombinasi rumput laut *G.verrucosa* dengan *carboxymethyl sago starch* (CMSS) sebagai adsorben pewarna tekstil komersial.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana karakteristik hidrogel dari kombinasi rumput laut *G. verrucosa* dan *carboxymethyl sago starch* (CMSS)?.
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi *carboxymethyl sago starch* (CMSS) terhadap kemampuan *swelling* hidrogel dan berapa konsentrasi campuran yang maksimum dalam pembuatan hidrogel antara *carboxymethyl sago starch* (CMSS) dan rumput laut *Gracilaria verrucosa*?.
3. Bagaimana kemampuan hidrogel dari rumput laut *G. verrucosa* dengan *carboxymethyl sago starch* (CMSS) sebagai adsorben pewarna tekstil komersial?.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini yaitu:

1. Menentukan karakteristik hidrogel dari kombinasi rumput laut *G. verrucosa* dan *carboxymethyl sago starch* (CMSS).
2. Menganalisis pengaruh konsentrasi *carboxymethyl sago starch* (CMSS) terhadap kemampuan *swelling* hidrogel dan konsentrasi campuran yang maksimum dalam pembuatan hidrogel antara *carboxymethyl sago starch* (CMSS) dan rumput laut *Gracilaria verrucosa*.
3. Menganalisis kemampuan hidrogel dari rumput laut *G. verrucosa* dengan *carboxymethyl sago starch* (CMSS) sebagai adsorben pewarna tekstil komersial.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang potensi rumput laut *Gracilaria verrucosa* sebagai bahan pembuatan hidrogel dan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.
2. Memberikan informasi tentang potensi pati sagu yang dimodifikasi menjadi *carboxymethyl sago starch* (CMSS) sebagai adsorben pewarna tekstil komersial.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Satop 1 Politeknik Negeri Ujung Pandang dan *Integrated Laboratory of Bioproduct* (iLab) Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Cibinong. Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Satop 1 Politeknik Negeri Ujung Pandang. Isolasi selulosa dari rumput laut *Gracilaria verrucosa*, modifikasi pati sagu dengan metode karboksimetilasi, uji *carboxymethyl sago starch* (CMSS), karakterisasi selulosa *Gracilaria verrucosa*, sintesis dan uji sediaan hidrogel sebagai adsorben pewarna tekstil komersial dilakukan di *Integrated Laboratory of Bioproduct* (iLab) Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Cibinong. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2023 - Februari 2024.

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Scanning Electrone Microcope (SEM) *JSM IT-200*, Fourier Transform Infrared (FTIR) *Shimadzu IR prestige-21*, Microplate Reader Spektor-Nano Uv-Vis *Tecan*, freeze dryer *BUCHI Lyovapor L200*, vortex *SI-0297C Genie 2*, autoklaf *wiseclave*, centrifuge *TOMY Suprema 25*, neraca analitik, *sieve shaker*, oven *memmert*, freezer, *stirrer hotplate*, statif dan klem dan peralatan gelas.

2.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah akuades, aluminium foil, asam nitrat (HNO_3) 65%, asam klorida (HCl) 37%, *epichlorohydrin* (ECH), etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 96%, gliserol, hidrogen peroksida (H_2O_2) 30%, metanol (CH_3OH), natrium hidroksida (NaOH), indikator fenolftalein, perak nitrat (AgNO_3), kertas saring biasa, kertas saring *whattman*, kertas pH universal, pewarna tekstil komersial merk *nilon*, rumput laut *Gracilaria verrucosa*, sodium monokloroasetat (SMCA) dan pati sagu.

2.3 Prosedur Kerja

2.3.1 Pengambilan Sampel

Sampel rumput laut *Gracilaria verrucosa* diambil di tambak yang berada di Desa Ujung Baji Kecamatan Sanrobone Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan.

2.3.2 Preparasi Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* (Alaydin dkk, 2020).

Rumput laut *Gracilaria verrucosa* dicuci dengan air sampai bersih, lalu dijemur dibawah terik matahari selama 4 hari. Memotong rumput laut *Gracilaria verrucosa* menjadi bagian kecil. Kemudian dihaluskan dengan menggunakan grinder. Proses penghalusan dilakukan di Laboratorium Satop 1 Politeknik Negeri Ujung Pandang. Serbuk rumput laut yang sudah halus kemudian diayak dengan menggunakan *sieve shaker* ukuran 60 mesh dan dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR.

2.3.3 Isolasi Selulosa dari Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* (Apriani dkk, 2017).

Proses isolasi selulosa dari rumput laut jenis *Gracilaria verrucosa* dimulai dengan proses hidrolisis dengan menggunakan HNO_3 3,5%. Serbuk rumput laut *G. verrucosa* sebanyak 150 gram dihidrolisis dengan HNO_3 3,5% sebanyak 1 L. Selanjutnya dipanaskan pada suhu 90°C selama 2 jam kemudian disaring dan ampas dicuci dengan akuades hingga pH netral. Ampas yang telah dihidrolisis selanjutnya di delignifikasi dengan NaOH 2% menggunakan autoklaf pada suhu 120°C selama 1 jam kemudian disaring dan ampas dicuci dengan akuades hingga pH filtrat netral. Ampas yang telah di delignifikasi selanjutnya diputihkan dengan menambahkan H_2O_2 10% kemudian dipanaskan pada suhu 60°C selama 1 jam. Selanjutnya selulosa dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga kering. Selulosa hasil isolasi dari rumput *G. verrucosa* diidentifikasi gugus fungsinya menggunakan FTIR.

2.3.4 Modifikasi Pati Sagu dengan Metode Karboksimetilasi (Nordin dkk, 2018).

Proses modifikasi pati dilakukan dengan perbandingan mol antara sagu, SMCA dan NaOH masing-masing 0,3 : konsentrasi SMCA yang akan dibuat : 0,15. Pembuatan CMSS dilakukan dengan cara ditimbang pati sagu sebanyak 48,6 gram kemudian ditambahkan SMCA sebanyak 10,48 gram (pembuatan CMSS dengan konsentrasi 0,09 mol/mol AGU, SMCA sebanyak 16,30 gram (CMSS dengan konsentrasi 0,14 mol/mol AGU), SMCA sebanyak 27,95 gram (CMSS dengan konsentrasi 0,24 mol/mol AGU), SMCA sebanyak 55,90 gram (CMSS dengan konsentrasi 0,48 mol/mol AGU dan SMCA sebanyak 111,81 gram (CMSS dengan konsentrasi 0,96 mol/mol AGU. Kemudian ditambahkan dengan 6 gram NaOH yang dilarutkan dalam 100 mL metanol selanjutnya dipanaskan dengan penangas air pada suhu 70°C selama 60 menit. Larutan kemudian didinginkan bagian bawah dengan menggunakan es batu. Selanjutnya larutan dicuci dengan menggunakan akuades. Kemudian ditambahkan HCl 15% tetes per tetes sampai pH 7 lalu dihomogenkan menggunakan stirrer dengan kecepatan 300 rpm. Larutan kemudian dipisahkan dengan endapannya menggunakan *centrifuge*. Endapan yang diperoleh kemudian ditambahkan 100 mL methanol kemudian dihomogenkan menggunakan stirrer selama 15 menit lalu diendapkan selama 30 menit. Endapan yang dihasilkan kemudian ditambahkan etanol lalu dihomogenkan dengan stirrer selama 15 menit kemudian diendapkan selama 30 menit. Dilanjutkan dengan proses pencucian menggunakan metode presipitasi dengan larutan metanol dan etanol hingga pH mencapai netral. Kemudian dikeringkan pada suhu ruang dan diuji dengan reagen AgNO_3 dan dikarakterisasi menggunakan FTIR.

2.3.5 Uji *Carboxymethyl Sago Starch* (CMSS)

2.3.5.1 *Swelling Power* (SP) dan *Water Soluble Index* (WSI) (Senayake., dkk, 2013)

Carboxymethyl sago starch (CMSS) ditimbang sebanyak 100 mg, kemudian ditambahkan 10 mL aquades lalu dihomogenkan menggunakan vortex selama 10 detik, kemudian dipanaskan pada suhu 85°C selama 30 menit pada menit ke 5; 15; 20 dihomogenkan menggunakan vortex selama 10 detik, selanjutnya didinginkan pada suhu kamar menggunakan air es, lalu disentrifugasi dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 menit, dipisahkan antara supernatan dan endapan, endapan yang tersisa di dalam tabung ditimbang (W_s) supernatan yang diperoleh dipindahkan ke dalam cawan petri kemudian dikeringkan sampai berat konstan (W_1) menggunakan oven pada suhu 100°C lalu ditimbang. Perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$SP = \frac{Ws}{[0,1 \times (100\% - WSI)]} \left(\frac{g}{g} \right) \quad (1)$$

$$WSI = \frac{W_1}{0,1} \times 100\% \quad (2)$$

2.3.5.2 Uji Derajat Substitusi (ISO 11216)

Ditimbang CMSS sebanyak 3 gram kemudian ditambahkan 3 mL metanol lalu ditambahkan 75 mL aquades, kemudian ditambahkan HCl konsentrasi 4 M ditambahkan tetes/tetes sampai pH 1 lalu ditambahkan 300 mL metanol tetes/tetes. Selanjutnya padatan disaring menggunakan kertas saring *whattman* lalu ditambahkan 25 mL metanol sampai pH filtrat >3,5. Disaring kemudian residu ditimbang lalu dikeringkan menggunakan oven selama 4 jam kemudian dihaluskan dan diambil 1,5 gram lalu ditambahkan 2 mL metanol ditambahkan aquades sebanyak 75 mL lalu dipanaskan pada suhu 90 °C. Kemudian didinginkan pada suhu ruang lalu ditambahkan NaOH 0,1 M sebanyak 25 mL lalu dihomogenkan menggunakan stirer selama 1 jam, Ditambahkan indikator fenolftalein 2-3 tetes kemudian dititrasi dengan menggunakan larutan HCl 0,1 N.

Untuk menghitung kandungan gugus karboksimetil sampel uji kering menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$w_c = \frac{c \times M_C \times (V_b - V_s) \times 100\%}{m} \times \frac{100\%}{100\% - w_m} \quad (3)$$

Keterangan:

w_c = kandungan gugus karboksimetil

c = konsentrasi (mol/L), HCl encer yang digunakan untuk titrasi

M_C = massa molar (g/mol) karboksimetil dalam bentuk asam ketika direaksikan dengan pati

V_b = volume (mL) HCl yang digunakan untuk titrasi blanko

V_s = volume (mL) HCl yang digunakan untuk titrasi

m = massa (mg) untuk titrasi

w_m = kadar air dalam persentase massa, sampel uji untuk titrasi

$$X_c = \frac{w_c \times M_a}{(100\% - w_c) \times M_C} \quad (4)$$

Hasilnya dapat dihitung sebagai derajat substitusi karboksimetil dengan persamaan sebagai berikut:

Keterangan :

x_c = derajat substitusi karboksimetil dalam fraksi mol dalam uji sampel kering

w_c = kandungan gugus karboksimetil dalam persentase massa dari sampel uji kering

M_a = massa molar (g/mol) anhidroglukosa ($M_a = 162$ g/mol)

M_c = massa molar (g/mol) karboksimetil dalam bentuk asam yang bereaksi terhadap pati ($M_c = 58$ g/mol)

2.3.6 Sintesis Hidrogel

Proses pembentukan reaksi polimerisasi dengan menggunakan metode ikat silang dimulai dengan melarutkan isolat selulosa dengan pelarut NaOH: Urea: akuades (7:12:81) dilarutkan dengan suhu minus 5 °C. Sebanyak 3 mL larutan selulosa kemudian ditambahkan CMSS dengan variasi konsentrasi 0,09; 0,14; 0,24; 0,48 dan 0,96 mol/mol AGU sebanyak 0,15 gram. Ditambahkan gliserol sebanyak 1 mL kedalam campuran serta agen pengikat silang epiklorohidrin sebanyak 0,75 mL dengan suhu reaksi 90-100 °C selama 60 menit. Hidrogel dikeringkan dengan dua jenis pengeringan yaitu menggunakan oven pada suhu 60°C selama 5-6 jam dan menggunakan *freeze dry*. Hidrogel yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR dan SEM.

2.3.7 Uji Sediaan Hidrogel (Ritonga dkk, 2019).

2.3.7.1 Uji Rasio Swelling

Hidrogel digunting kecil-kecil kemudian ditimbang hidrogel sebagai berat awal (W_0), kemudian direndam dalam 150 mL akuades selama 24 jam dan ditimbang beratnya sebagai bobot akhir (W_1). Perhitungan rasio *swelling* menggunakan rumus berikut:

$$\text{rasio swelling} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (5)$$

2.3.7.2 Uji Fraksi Gel

Hidrogel digunting kecil-kecil kemudian ditimbang hidrogel sebagai berat awal (W_0), kemudian direndam dalam 150 mL akuades selama 24 jam, lalu dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 50 °C kurang lebih selama 4 jam dan ditimbang beratnya sebagai bobot akhir (W_1). Perhitungan fraksi gel menggunakan rumus berikut:

$$\text{fraksi gel} = \frac{W_1}{W_0} \times 100\% \quad (6)$$

2.3.8 Karakterisasi Hidrogel

2.3.8.1 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Hidrogel diuji dengan FTIR-ATR pada panjang gelombang 400-3000 cm^{-1} .

2.3.8.2 Scanning Electron Microscope (SEM)

Hidrogel dipotong kecil ukuran 1 cm x 1 cm, kemudian diletakkan diatas preparat dan diamati struktur hidrogel yang dihasilkan.

2.3.9 Analisis Adsorpsi Pewarna Tekstil Komersial pada Hidrogel

Hidrogel yang telah dikeringkan kemudian ditimbang sebanyak 1 gram kemudian direndam dalam larutan pewarna tekstil komersial *wantex nilon* dengan varian warna kuning podang 12; hijau tua 15; ungu 19; hitam 10 dengan konsentrasi masing-masing 100 ppm selama 7 hari. Kemudian larutan disaring, residu yang dihasilkan dikeringkan terlebih dahulu menggunakan oven dengan suhu 60 °C hingga kering kemudian dilanjutkan dengan karakterisasi menggunakan FTIR dan SEM. Sedangkan filtrat yang dihasilkan diukur dengan *microplate reader*. Perhitungan konsentrasi pada larutan menggunakan persamaan berikut:

Penentuan konsentrasi awal dengan menggunakan persamaan regresi linear

$$y = bx + a \quad (7)$$

Keterangan :

- y = absorbansi
- b = intersep
- x = konsentrasi (mg/L)
- a = slope

Penentuan efisiensi penyerapan hidrogel terhadap pewarna tekstil komersial menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Efisiensi penyerapan} = \frac{(C_0 - C_1)}{C_0} \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan :

- C₀ = konsentrasi awal (mg/L)
- C₁ = konsentrasi akhir (mg/L)