

PEMANFAATAN RUMPUT LAUT (*Eucheuma* sp.) SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM BERAT Cr(VI)

UTILIZATION OF SEAWEED (*Eucheuma* sp.) AS AN ADSORBENT OF HEAVY METAL IONS Cr(VI)

Gusti Dwi Intan Lestari¹, Aman Sentosa Panggabean², Iwan Suyatna³

¹ Mulawarman University, Master Program In Environmental Science

² Mulawarman University, Master Program In Environmental Science

³ Mulawarman University, Master Program In Environmental Science

Article Info:

Received: xx – xx - xxxx
in revised form: xx – xx - xxxx
Accepted: xx – xx - xxxx
Available Online: xx – xx -
xxxx

Keywords:

JPSL-IPB, manuscript, writing
guidelines

Corresponding Author:

Opole University of
Technology
(JSI_corresponding_author)
Institute of Processes and
Products Innovation
ul. Ozimska 75, 45-370
Opole, Poland
phone: (+4877) 423-40-31
e-mail: jsi@univtech.eu

Abstract: *This study focuses on the use of seaweed (*Eucheuma* sp.) as a heavy metal ion adsorbent for Cr(VI). The type of acid, acid concentration, contact time, and seaweed's capacity as an adsorbent have all been examined in order to establish the best conditions for the adsorption of Cr(VI) ions. According to the findings, sulfuric acid (H₂SO₄) at a concentration of 1 M, 60 minutes of contact time variation, and 91.82 percent Cr(VI) adsorption were the ideal conditions for Cr(VI) adsorption. Additionally, several concentrations of Cr(VI) ion sample solution were exposed to the adsorbent, with the best results occurring at 25 ppm and 91,81% Cr(VI) adsorption. Natural dye wastewater with an initial Cr(VI) ion concentration of 1,3519 ppm to 0,1345 ppm and textile dye wastewater with an initial Cr(VI) ion concentration of 3,2317 ppm to 0,2908 ppm were both treated under ideal conditions. Natural dye wastewater has a Cr(VI) ion adsorption percentage of 90,05%, whereas textile dye wastewater has a 91,01% adsorption percentage.*

Abstrak: Penelitian ini berfokus pada pemanfaatan rumput laut (*Eucheuma* sp.) sebagai adsorben ion logam berat untuk Cr(VI). Jenis asam, konsentrasi asam, waktu kontak, dan kapasitas rumput laut sebagai adsorben semuanya telah diperiksa untuk menetapkan kondisi terbaik untuk adsorpsi ion Cr (VI). Menurut temuan, asam sulfat (H₂SO₄) pada konsentrasi 1 M, 60 menit variasi waktu kontak, dan 91,82 persen Cr (VI) adsorpsi adalah kondisi ideal untuk adsorpsi Cr (VI). Selain itu, beberapa konsentrasi larutan sampel ion Cr(VI) terpapar adsorben, dengan hasil terbaik terjadi pada adsorpsi 25 ppm dan 91,81% Cr(VI). Air limbah pewarna alami dengan konsentrasi ion Cr(VI) awal 1,3519 ppm hingga 0,1345 ppm dan air limbah pewarna tekstil dengan konsentrasi ion Cr(VI) awal 3,2317 ppm hingga 0,2908 ppm keduanya diolah dalam kondisi ideal. Air limbah pewarna alami dengan konsentrasi ion Cr(VI) awal 1,3519 ppm hingga 0,1345 ppm dan air limbah pewarna tekstil dengan konsentrasi ion Cr(VI) awal 3,2317 ppm hingga 0,2908 ppm keduanya diolah dalam kondisi ideal. Air limbah pewarna alami memiliki persentase adsorpsi ion Cr(VI) sebesar 90,05%, sedangkan air limbah pewarna tekstil memiliki persentase adsorpsi 91,01%.

PENDAHULUAN

Rumput laut (*Eucheuma* sp.) merupakan salah satu genus alga dengan nilai ekonomis yang signifikan dan mengandung karagenan, bahan baku industri esensial (Ma'ruf, 2016). Akibatnya, ganggang adalah tanaman unggulan. Logam berat seperti tembaga, kromium, seng, dan kadmium dapat diserap oleh alga laut melalui proses adsorpsi (Suhada et al., 2019), karena mengandung polisakarida, protein atau lipid pada permukaan dinding selnya yang terdiri dari gugus fungsional, seperti amino, hidroksil, karboksil dan sulfat (Ibrahim et al, 2012).

Ada banyak penelitian tentang penggunaan adsorben dalam menurunkan konsentrasi ion logam berat. Abirami et al. (2012) menggunakan adsorben *Sargassum Wightii* (Greville) untuk menghilangkan Chromium dari limbah penyamakan. Rumput laut *Eucheuma spinosum* memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 13,4992 mg/g dan energi adsorpsi sebesar -14,4053 KJ/mol, menurut penelitian oleh Diantariani et al. (2008). Ikatan hidrogen dan ikatan Van der Waals adalah dua mekanisme interaksi utama yang terlibat dalam biosorpsi Cr (VI) oleh rumput laut *Eucheuma spinosum*. Metode adsorpsi digunakan oleh Handoko et al. (2020) untuk mengurangi konsentrasi Cr(VI) dalam limbah industri. Adsorben berbasis polimer pencetakan ionik adalah salah satu yang digunakan.

Adsorpsi, alternatif yang lebih terjangkau untuk metode pengolahan tradisional untuk ion logam berat dalam air limbah, seperti ion Cr (VI), telah mendapat sorotan dalam beberapa tahun terakhir. Hasilnya, adsorpsi kromium heksavalen (VI) dilakukan dalam penelitian ini dengan menggunakan rumput laut aktif (*Eucheuma* sp.) sebagai model sistem. Hal ini menjadi dasar penelitian menggunakan metode aktivasi adsorben *Eucheuma* sp. dan kondisi adsorpsi optimum adsorben *Eucheuma* sp., sehingga dapat secara maksimal diaplikasikan untuk menurunkan konsentrasi ion Cr(VI) dalam sampel air limbah tekstil. Rumusan masalah yang disajikan dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah rumput laut (*Eucheuma* sp.) dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi ion Cr(VI) dalam sampel air limbah?
2. Berapa kondisi optimum penyerapan ion Cr(VI) dalam larutan menggunakan rumput laut (*Eucheuma* sp.) sebagai adsorben?
3. Apakah ada pengaruh variasi waktu kontak dan variasi konsentrasi larutan ion logam Cr(VI) terhadap adsorben rumput laut (*Eucheuma* sp.)?

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman. Pengujian krom dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Mulawarman. Sampel rumput

laut *Eucheuma* sp. diambil di Desa Melahing, Bontang, Kalimantan Timur. Sampel Limbah tekstil diambil dari pengrajin tenun Ulap Doyo (Pokant Takaq), Loa Ipuh, Tenggarong, Kutai Kartanegara. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2021 sampai Februari 2022.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data penelitian ini dilakukan secara percobaan laboratorium dan menggunakan Analisa Kuantitatif serta dilaksanakan pengujian analisis laboratorium. Bahan penelitian yang digunakan adalah rumput laut *Eucheuma* sp. dan sampel limbah pewarna tekstil. Sampel rumput laut *Eucheuma* sp. digunakan sebagai adsorben yang diaktivasi terlebih dahulu dengan menggunakan variasi asam yaitu HCl (asam klorida), HNO₃ (asam nitrat) dan H₂SO₄ (asam sulfat) agar didapat adsorben dengan penyerapan ion logam Cr(VI) yang optimal.

Sampel rumput laut dilakukan analisa awal yaitu analisa Morfologi dan Analisa Proksimat. Analisa morfologi bertujuan untuk mengidentifikasi (pengenalan), klasifikasi (pengelompokkan) dan penamaan suatu tumbuhan. Analisa proksimat merupakan metode Analisa kimia untuk mengkaji kandungan nutrisi seperti kadar lemak, kadar abu, kadar air, protein, karbohidrat dan juga serat kasar. Kadar lemak rumput laut secara umum mengandung lemak sebesar 1-5% dari berat kering. Kadar abu dipengaruhi oleh cara penyerapan mineral hara, disamping sebagai bentuk adaptasi terhadap kondisi lingkungan perairan laut yang mengandung berbagai mineral dengan konsentrasi tinggi. Kadar air merupakan komponen penting karena berhubungan dengan mutu rumput laut. Kadar protein bervariasi tergantung pada spesies, daerah, musim, suhu, iklim, area geografi, air dan kondisi laut. Nilai karbohidrat dipengaruhi oleh jenis rumput laut dan kondisi habitatnya, seperti suhu, kedalaman serta variasi musim dan letak geografis. Analisa serat kasar rumput laut membuktikan bahwa semakin tinggi seratnya, maka kualitas rumput laut semakin bagus.

Sampel limbah tekstil dilakukan analisa awal yaitu analisa pH, TSS, TDS, COD dan BOD serta kandungan ion logam Cr. Penelitian ini menggunakan sampel rumput laut *Eucheuma* sp. sebagai adsorben dan limbah tekstil yaitu limbah cair pewarna tekstil dan limbah cair pewarna alami. Sampel rumput laut *Eucheuma* sp. diambil secara langsung pada saat proses panen rumput laut. Rumput laut dibudidayakan dengan cara diikat pada tali dan mengapung dengan menggunakan botol. Sampel air limbah pewarna tekstil diambil langsung dari tempat penampungan limbah.

Metode Analisis Data

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan konsentrasi larutan sampel menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Banyaknya ion logam Cr(VI) yang teradsorpsi (mg) per gram adsorben rumput laut ditentukan menggunakan persamaan:

$$Q_e = (C_e \times V) / W \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\% \text{ teradsorpsi} = (C_o - C_e) / C_o \times 100\% \dots (3.2)$$

Keterangan:

Q_e = jumlah ion logam yang teradsorpsi (mg/g)

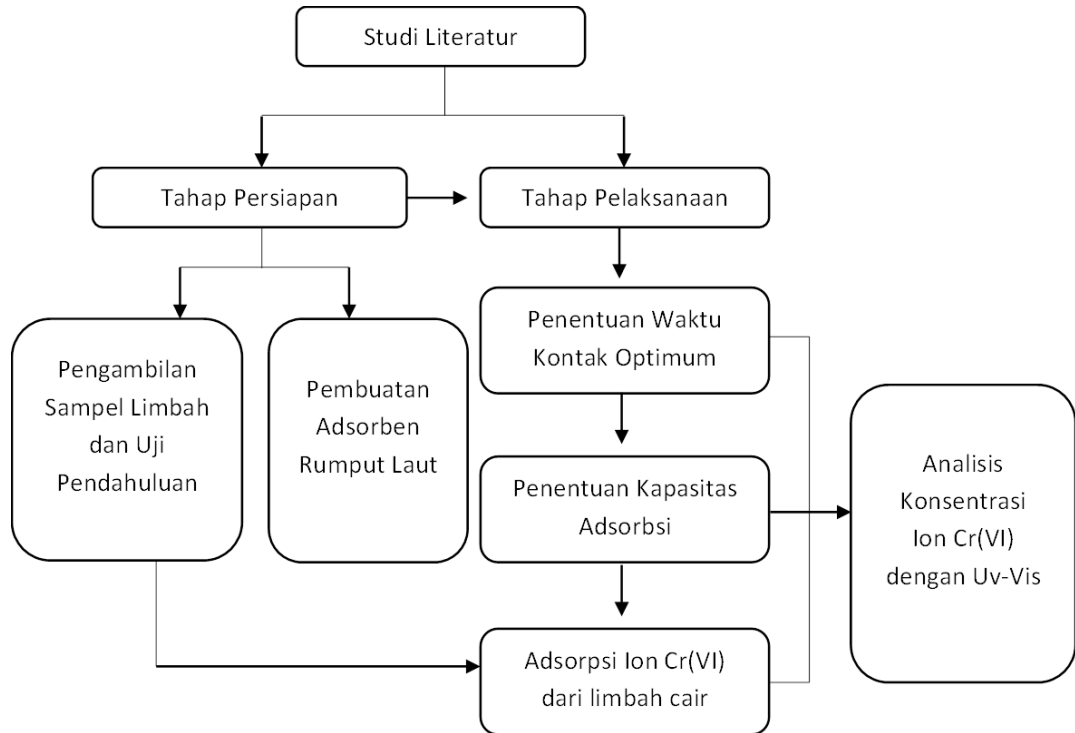
C_o = konsentrasi ion logam sebelum adsorpsi

C_e = konsentrasi ion logam setelah adsorpsi

V = volume larutan ion logam (L)

W = jumlah adsorben (g)

Alur Penelitian



Gambar 1. Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Pengambilan Sampel Limbah

Pengambilan sampel limbah industri tekstil yaitu di Loa Ipuh, Tenggara, Kutai Kartanegara. Tepatnya pada industri pengrajin tenun Ulap Doyo. Pokant Takaq adalah kelompok usaha Bersama yang dirintis pada tahun 2009 dan mendapatkan hak paten pada tahun 2017. Para pengrajin menggunakan dua jenis pewarna untuk membuat benang tenunnya, yaitu menggunakan pewarna tekstil buatan dan alami. Pewarna alami berasal dari kulit kayu mahoni.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel Limbah Pewarna
(Dokumentasi Pribadi, 2021)

Lokasi Pengambilan Sampel Rumput Laut

Pengambilan sampel rumput laut (*Eucheuma* sp.) diambil di Desa Melahing, Kelurahan Tanjung Laut Indah, Kecamatan Bontang Selatan. Desa Melahing berada di tengah laut dan memiliki budidaya rumput laut, pengolahan rumput laut dan pengelolaan teripang. Pada tahun 2002, warga Desa Melahing mulai melakukan budidaya rumput laut dan teripang. Budidaya rumput laut menjadi mata pencarian utama karena lebih menjanjikan.



Gambar 3 Lokasi Pengambilan Sampel Rumput Laut (Dokumentasi Pribadi, 2021)

Uji Awal Sampel

1. Analisa Morfologi Rumput Laut

Rumput laut yang digunakan pada penelitian ini memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Biliphyta
Divisi	: Rhodophyta
Subdivisi	: Eurhodophytina
Kelas	: Florideophyceae
Sub Kelas	: Rhodymeniophycidae
Ordo	: Gigartinales
Famili	: Solieriaceae
Genus	: Eucheuma
Spesies	<i>Eucheuma cottonii</i>
Sinonim	<i>Kappaphycus alvarezii</i> <i>Eucheuma cottonii</i> var. <i>erecta</i>

Nama Indonesia/ Lokal: Rumput Laut, Alga Merah, Ramukarang, Kerginan

(Sumber: Hasil Identifikasi Tumbuhan, Laboratorium Anatomi dan Sistematika Tumbuhan, Fakultas MIPA Universitas Mulawarman, 2021)



Gambar 4. Rumput Laut *Eucheuma cottonii* (Dokumentasi Pribadi, 2021)

2. Analisa Proksimat Rumput Laut

Berikut hasil analisa proksimat rumput laut pada penelitian ini, adalah:

Tabel 1. Analisa Proksimat Rumput Laut

No	Kadar Lemak (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Air (%)	Protein (%)	Karbohidrat (%)	Serat Kasar (%)
1	1,9751	22,525	10,73	0,0754	64,6936	16,04

(Sumber: Hasil Uji Lab Kimia Analitik Politani, 2021)

3. Analisa Awal Limbah Tekstil

Hasil uji sampel limbah pewarna buatan dan tekstil, sebagai berikut:

Tabel 2. Uji Sampel Limbah

Parameter	Pewarna Tekstil	Pewarna Alami	Satuan
TSS	18	332	mg/L
TDS	2077	2188	mg/L
pH	10,97	8,78	***
COD	327	179	mg/L
BOD	240	122	mg/L
Cr ⁶⁺	3,2317	1,3519	ppm

(Sumber: Hasil Uji Lab PPLH Unmul, 2022)

Dari hasil pengukuran diperoleh konsentrasi Cr^{6+} dalam sampel limbah pewarna tekstil dan pewarna alami yang cukup tinggi yaitu 3,2317 ppm pada limbah tekstil dan 1,3519 ppm pada limbah pewarna alami. Data menunjukkan Cr^{6+} diatas Baku mutu air limbah industri tekstil menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah yaitu 1,0 mg/L .

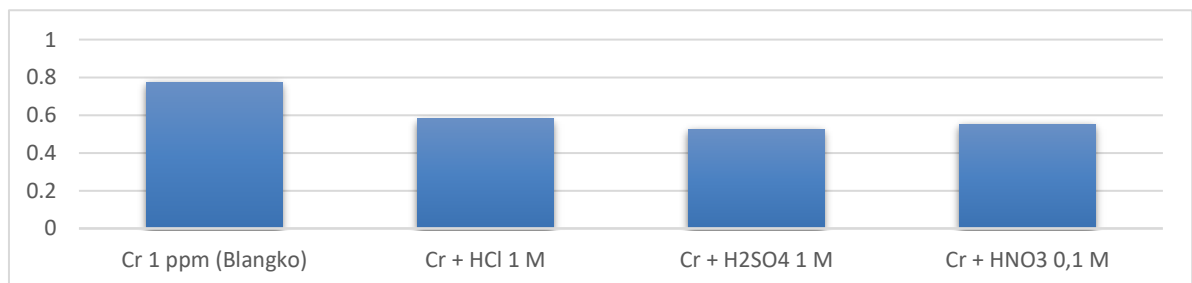
4. Variasi Larutan Aktivasi

Rumput laut dilakukan aktivasi terlebih dahulu dengan menggunakan Asam Klorida (HCl), Asam Sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 1 M dan Asam Nitrat (HNO_3) dengan konsentrasi 0,1 M. Perbedaan konsentrasi ini dikarenakan pada saat proses aktivasi, senyawa alginat pada rumput laut ikut larut dalam asam nitrat dengan konsentrasi 1 M. Aktivasi dilakukan dengan menimbang 100 g. Adsorben rumput laut dan dilarutkan dengan masing-masing konsentrasi larutan dengan volume 100 mL. Dilakukan perendaman selama 24 jam dengan suhu ruang. Setelah perendaman, dilakukan pencucian terhadap masing-masing larutan adsorben dengan menggunakan aquadest. Kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring dan dilakukan pengeringan menggunakan oven suhu 60°C . Dari hasil pengujian laboratorium, perbandingan variasi larutan aktivator pada tabel 3.

Tabel 3. Perlakuan Variasi Larutan Aktivator terhadap Adsorben

No	Kode Sample	Hasil Uji (ppm)	Adsorpsi (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
1	Cr 1 ppm (Blangko)	0,7734	22,66	0,0567
1	Cr + HCl 1 M	0,5811	41,89	0,1047
2	Cr + H_2SO_4 1 M	0,5259	47,41	0,1185
3	Cr + HNO_3 0,1 M	0,5526	44,74	0,1119

(Sumber: Hasil Uji Lab PPLH Unmul, 2022)



Gambar 5 Perlakuan Variasi Larutan Aktivator terhadap Adsorben

Dari tabel 3 penyerapan kandungan ion logam Cr paling optimal yaitu larutan yang diaktivasi menggunakan H_2SO_4 dengan konsentrasi 1 M, dengan penurunan ion logam Cr

sebesar 0,52 ppm, efisiensi sebesar 47,41% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,1185 mg/g. Selanjutnya adsorben dengan aktivasi larutan asam sulfat 1 M yang digunakan untuk lanjutan variasi lain dari penelitian ini.

a. Variasi Konsentrasi Larutan

Aktivator Rumput laut diaktivasi menggunakan Asam Sulfat dengan variasi konsentrasi 0,1 M - 3 M. Aktivasi dilakukan dengan menimbang 10 gram rumput laut kemudian di larutkan dengan masing-masing variasi konsentrasi larutan dengan volume sebanyak 25 gram. Kemudian dilakukan perendaman selama 2 jam dengan suhu ruang. Setelah perendaman, dilakukan pencucian terhadap masing-masing larutan adsorben dengan menggunakan aquadest. Kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring dan dilakukan pengeringan menggunakan oven suhu 60 °C.

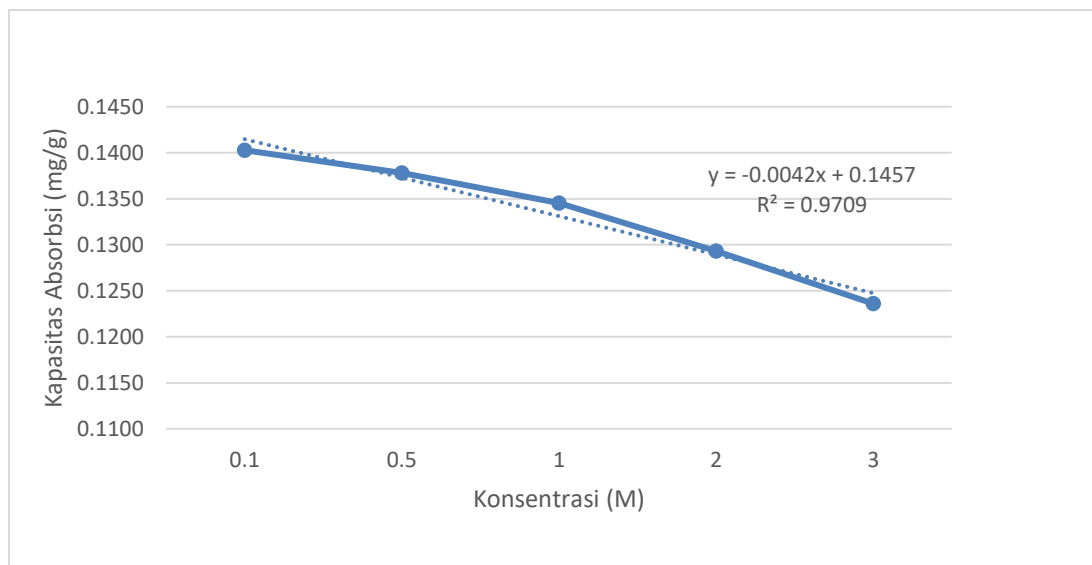
Adsorben dari variasi konsentrasi aktivator ditimbang sebanyak 0,1 gram untuk dicampurkan dengan larutan sampel Cr6+ 1 ppm. Dilakukan pengadukan cepat menggunakan magnetic stirrer selama 30 menit. Kemudian dilakukan penyaringan dengan kertas saring. Hasil larutan yang disaring ditampung dalam botol sampel untuk uji analisa ion logam Cr6+.

Dari hasil pengujian laboratorium, perbandingan variasi konsentrasi larutan aktivator pada tabel 4.

Tabel 4. Perlakuan Variasi Konsentrasi Larutan Aktivator H₂SO₄ terhadap Ion Logam Cr₆⁺

No	Konsentrasi Larutan (M)	Hasil Uji (ppm)	Adsorpsi (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
1	0,1	0,4389	56,11	0,1402
2	0,5	0,4488	55,12	0,1378
3	1	0,4618	53,82	0,1345
4	2	0,4827	51,73	0,1293
5	3	0,5056	49,44	0,1236

(Sumber: Hasil Uji Lab PPLH Unmul, 2022)



Gambar 6 Perlakuan Variasi Konsentrasi Larutan Aktivator H₂SO₄ terhadap Ion Logam Cr₆⁺

Dari tabel 4. penyerapan kandungan ion logam Cr^{6+} paling optimal yaitu larutan yang diaktivasi menggunakan H_2SO_4 dengan konsentrasi 1 M, dengan penurunan ion logam Cr^{6+} sebesar 0,46 ppm, % optimum sebesar 53,82% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,1345 mg/g. Selanjutnya adsorben dengan aktivasi larutan asam sulfat 1 M yang digunakan untuk lanjutan variasi lain dari penelitian ini.

b. Variasi Waktu Kontak

Rumput laut yang telah di aktivasi dengan H_2SO_4 1 M, kemudian di kontakkan dengan larutan sampel Cr^{6+} 1 ppm dengan variasi waktu kontak 0 menit, 1 menit, 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Adsorben ditimbang sebanyak 0,1 g dan di kontakkan dengan variasi waktu. Kemudian dilakukan penyaringan dengan kertas saring. Hasil larutan yang disaring ditampung dalam botol sampel untuk uji analisa ion logam Cr^{6+} . Dari hasil pengujian laboratorium, perbandingan variasi waktu kontak pada tabel 5.

Tabel 5. Perlakuan Variasi Waktu Kontak terhadap Ion Logam Cr^{6+}

No	Waktu (menit)	Hasil Uji (ppm)	Adsorpsi (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
1	0	0,4378	56,22	0,1405
2	1	0,4288	57,12	0,1428
3	5	0,4105	58,95	0,1473
4	10	0,3139	68,61	0,1715
5	15	0,2869	71,31	0,1782
6	30	0,1714	82,86	0,2071
7	60	0,0818	91,82	0,2295

(Sumber: Hasil Uji Lab PPLH Unmul, 2022)

Dari tabel 5. penyerapan kandungan ion logam Cr^{6+} paling optimal yaitu dengan waktu kontak adsorben terhadap larutan Cr^{6+} selama 60 menit, dengan penurunan ion logam Cr^{6+} sebesar 0,0818 ppm, % optimum sebesar 91,82% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,2295 mg/g. Selanjutnya adsorben dengan waktu kontak terhadap Cr^{6+} selama 60 menit yang digunakan untuk lanjutan variasi lainnya.

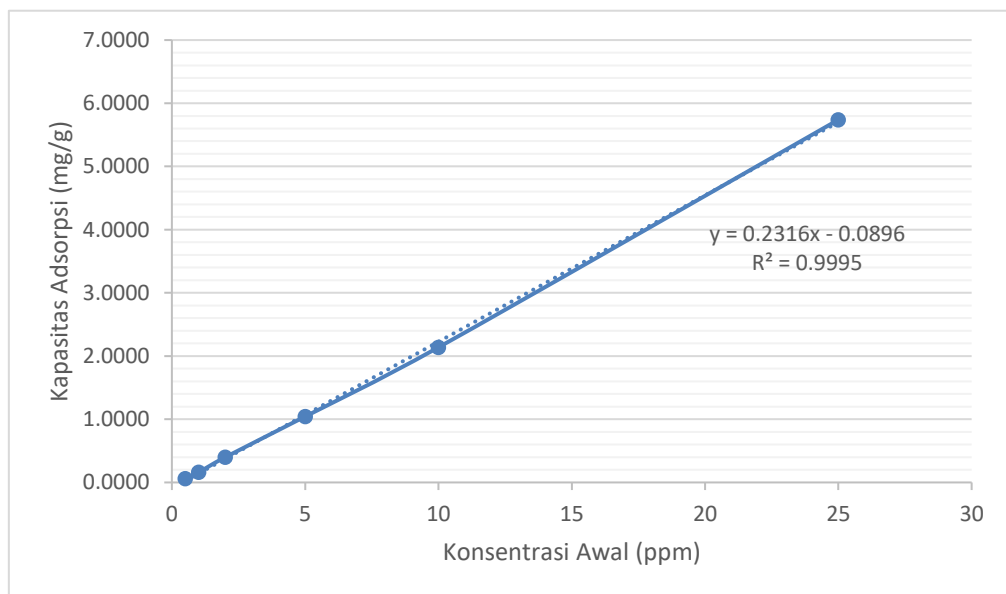
c. Variasi Konsentrasi Larutan Cr^{6+}

Penentuan kapasitas adsorpsi ditentukan melalui isotherm adsorpsi dengan cara larutan Cr^{6+} diambil masing-masing 25 mL dengan variasi konsentrasi 0,5; 1; 2; 5; 10; 25 ppm. Lalu ditambahkan adsorben rumput laut dengan berat 0,1 gram dan diaduk menggunakan stirrer pada suhu ruang selama waktu kontak optimum yaitu 60 menit. Kemudian dilakukan penyaringan dengan kertas saring. Hasil larutan yang disaring ditampung dalam botol sampel untuk uji analisa ion logam Cr^{6+} . Dari hasil pengujian laboratorium, perbandingan variasi konsentrasi larutan Cr^{6+} pada tabel 6.

Tabel 6. Perlakuan Adsorben terhadap Variasi Konsentrasi Larutan Cr6+

No	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Adsorpsi (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
1	0,5	0,2622	47,56	0,0595
2	1	0,3583	64,17	0,1604
3	2	0,4047	79,77	0,3988
4	5	0,4267	83,47	1,0433
5	10	0,4479	85,52	2,1380
6	25	0,4664	91,81	5,7384

(Sumber: Hasil Uji Lab PPLH Unmul, 2022)

**Gambar 7 Perlakuan Adsorben terhadap Variasi Konsentrasi Larutan Cr6+**

Dari tabel 6 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan daya adsorpsi seiring dengan bertambahnya konsentrasi ion Cr6+. Daya adsorpsi yang paling tinggi adalah 5,7384 mg/g pada konsentrasi 25 ppm, sedangkan yang paling rendah adalah 0,0595 mg/g pada konsentrasi 0,5 ppm. Jumlah massa Cr6+ teradsorpsi yang mampu diadsorpsi oleh adsorben rumput laut meningkat hingga konsentrasi 25 ppm.

d. Perlakuan Adsorben (Rumput Laut) terhadap Limbah Tekstil

Pada perlakuan adsorben terhadap limbah tekstil, dilakukan dengan menggunakan konsentrasi aktivator optimal yaitu rumput laut yang di aktivasi menggunakan H₂SO₄ 1 M dengan waktu kontak 60 menit. Limbah yang digunakan yaitu limbah pewarna alami dan limbah pewarna tekstil (buatan). Diambil 25 mL limbah dan diberi aktivator sebanyak 0,1 gram dan diaduk menggunakan stirrer pada suhu ruang selama waktu kontak optimum yaitu 60 menit. Kemudian dilakukan penyaringan dengan kertas saring. Hasil larutan yang

disaring ditampung dalam botol sampel untuk uji analisis ion logam Cr^{6+} . Dari hasil pengujian laboratorium, perbandingan uji awal limbah sebelum dan sesudah penambahan aktivator pada tabel 7.

Tabel 7 Perbandingan Uji Awal Limbah sebelum dan Setelah Penambahan Aktivator

No	Kode Sample	Konsentrasi (ppm)	Adsorpsi (%)
1	Uji Awal Limbah Pewarna Alami	1,3519	-
2	Uji Awal Limbah Pewarna Tekstil	3,2317	
3	Limbah Pewarna Alami setelah penambahan Aktivator	0,1345	90,05
4	Limbah Pewarna Tekstil setelah penambahan Aktivator	0,2908	91,01

(Sumber: Hasil Uji Lab PPLH Unmul, 2022)

Dari tabel 7 menunjukkan bahwa sampel limbah pewarna alami dan pewarna tekstil memiliki konsentrasi diatas baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah yaitu 1,0 mg/L. Setelah dilakukan proses adsorpsi menggunakan rumput laut, menunjukkan bahwa konsentrasi akhir sampel limbah pewarna alami dan pewarna tekstil mengalami penurunan dibawah baku mutu.

Penyerapan adsorben pada limbah pewarna alami memiliki efisiensi sebesar 90,05% dengan konsentrasi 0,1345 ppm dan penyerapan adsorben pada limbah pewarna tekstil memiliki efisiensi sebesar 91,01% dengan konsentrasi 0,2908 ppm. Adsorben yang telah di keringkan memiliki tekstur yang padat dan berpori, sehingga pada saat proses adsorpsi terjadi tumbukkan antara partikel-partikel adsorbat dan adsorben. Tumbukkan efektif antara partikel tersebut akan meningkat dengan meningkatnya luas permukaan. Ukuran pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil ukuran pori adsorben maka luas permukaan semakin tinggi.

e. Analisa Statistik

Variasi konsentrasi larutan sampel Cr^{6+} terhadap adsorben Conc Cr^{6+} Akhir
Hasil Pengujian terhadap Conc Cr^{6+} Akhir setelah diberikan perlakuan konsentrasi larutan sampel Cr^{6+} pada tabel 8.

Tabel 8. Pengaruh variasi konsentrasi larutan Cr^{6+} terhadap daya serap adsorben

No	Konsentrasi Larutan (M)	Hasil Uji (ppm)	Adsorpsi (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
1	0,1	0,4389 ^a	56,11 ^a	0,1402 ^a
2	0,5	0,4488 ^a	55,12 ^a	0,1378 ^a
3	1	0,4618 ^a	53,82 ^a	0,1345 ^a

4	2	0,4827 ^a	51,73 ^a	0,1293 ^a
5	3	0,5056 ^a	49,44 ^a	0,1236 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Berdasarkan tabel 8. bahwa nilai pada perlakuan 0,1 M – 3 M dengan nilai tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi larutan ion Cr6+ tidak memberikan pengaruh.

Uji Anova Variasi Konsentrasi Larutan Cr6+ terhadap Conc Cr6+ Akhir

Dengan menggunakan SPSS versi 22 maka diperoleh hasil perhitungan dari uji Anova pada tabel .9.

Tabel 9. Uji F dari Conc Cr6+ Akhir

Conc Cr ⁶⁺ Akhir					
	JK	df	KK	F	Sig.
Perlakuan	0,006	4	0,001	288277,2	0,000
Galat	0	5	0,000		
Total	0,006	9			

(Sumber: Hasil Output Penelitian dengan SPSS 22)

Untuk mengetahui apakah variabel perlakuan konsentrasi larutan Cr6+ berpengaruh terhadap Conc Cr6+ Akhir, dapat dibandingkan nilai sig dari masing-masing perlakuan tersebut dengan nilai alpha (α)0,05. Jika nilai sig < 0,05 berarti signifikan sebaliknya jika nilai sig > 0,05 berarti tidak signifikan.

Pada hasil uji ini nilai konsentrasi larutan Cr6+ untuk Fhitung = 288277,200 dan nilai sig = 0,000 < 0,05 yang berarti bahwa variabel perlakuan konsentrasi Cr6+ memiliki pengaruh yang signifikan terhadap Conc Cr6+ Akhir penyerapan Cr6+.

Penguji regresi untuk pengaruh variasi konsentrasi larutan Cr6+ terhadap Conc Cr6+ Akhir

Tabel 10 Hasil Analisis Regresi Sederhana X Terhadap Y

Variabel	Koefisien Regresi	t _{hitung}	Sig.
Konstanta	0,417	122,9	0,000
Variasi Konsentrasi	0,017	16,341	0,000
F _{hitung}		267,024	
Probability			0,000
R			0,985

R²

0,971

(Sumber: Hasil Output Penelitian dengan SPSS 22)

Berdasarkan hasil hasil uji dengan menggunakan regresi linear sederhana tabel 4.10, nilai koefisien variabel variasi dari perlakuan variasi konsentrasi yang mempengaruhi penyerapan Cr6+ sebagai berikut: konstanta sebesar 0,417, perlakuan variasi konsentrasi sebesar 0,017. Hasil uji t dapat diperoleh nilai thitung 16,341 > ttabel = 122,9. Dan nilai sig 0,00 < 0,05, maka secara parsial berpengaruh signifikan. Jadi, ada pengaruh signifikan antara perlakuan variasi konsentrasi terhadap penyerapan logam Cr6+. Uji F (simultan) dapat diketahui bahwa nilai probability sebesar 0,000, terlihat bahwa nilai probability (Sig) (0,000 < 0,05), maka secara simultan berpengaruh signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi sudah layak untuk digunakan pada penelitian pengaruh penyerapan logam Cr6+. Sedangkan besarnya nilai R (korelasi) sebesar 0,985. Artinya variabel perlakuan variasi konsentrasi mempunyai korelasi yang kuat dengan penyerapan logam Cr6+ sebesar 0,971 (97%). Artinya pengaruh dari variabel perlakuan variasi konsentrasi secara keseluruhan terhadap penyerapan logam Cr6+ sebesar 97% sedang sisanya 3% dipengaruhi oleh faktor lain diluar penelitian.

Variasi konsentrasi sampel larutan Cr6+ terhadap kapasitas adsorben

Tabel.11 Uji F dari Kapasitas Adsorben

Kapasitas Adsorben					
	JK	df	KK	F	Sig.
Perlakuan	57,655	4	14,414	288277,2	0,000
Galat	0	5	0,000		
Total	57,656	9			

(Sumber: Hasil Output Penelitian dengan SPSS 22)

Untuk mengetahui apakah variabel perlakuan konsentrasi larutan Cr6+ berpengaruh terhadap Conc Cr6+ Akhir, dapat dibandingkan nilai sig dari masing-masing perlakuan tersebut dengan nilai alpha (α) 0,05. Jika nilai sig < 0,05 berarti signifikan sebaliknya jika nilai sig > 0,05 berarti tidak signifikan. Pada hasil uji ini nilai konsentrasi logam Cr6+ untuk Fhitung = 288277,2 dan nilai sig, 0,000 < 0,05. Nilai ini berarti perlakuan konsentrasi larutan Cr6+ memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas adsorben.

Penguji regresi untuk pengaruh Variasi konsentrasi sampel larutan Cr6+ terhadap kapasitas adsorben

Tabel.12 Hasil Analisis Regresi Sederhana X Terhadap Y

Variabel	Koefisien Regresi	thitung	Sig.
Konstanta	58,2688	171,598	0
Variasi Konsentrasi	-1,673	-16,341	0

Fhitung	267,024
Probability	0
R	0,985
R ²	0,971

(Sumber: Hasil Output Penelitian dengan SPSS 22)

Berdasarkan hasil uji dengan menggunakan regresi linear sederhana, nilai koefisien dari variabel perlakuan variasi konsentrasi yang mempengaruhi kapasitas adsorben yaitu: konstanta 58,2688, variasi konsentrasi 1,673. Hasil uji t dapat diperoleh nilai thitung 16,341 < ttabel 171,598 dan nilai sig 0,000 < 0,05, maka secara parsial berpengaruh signifikan. Jadi ada pengaruh signifikan antara perlakuan variasi konsentrasi terhadap kapasitas adsorben logam Cr⁶⁺. Uji F (simultan) dapat diketahui bahwa nilai probability sebesar 0,00, bahwa nilai probability (sig) 0,00 < 0,05, maka secara simultan berpengaruh signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi sudah layak untuk digunakan pada penelitian nilai koefisien dari variabel perlakuan variasi konsentrasi yang mempengaruhi kapasitas adsorben logam Cr⁶⁺. Sedangkan besarnya nilai R (korelasi) sebesar 0,985. Artinya variabel perlakuan variasi konsentrasi mempunyai korelasi yang kuat dengan penyerapan logam Cr⁶⁺ sebesar 0,971 (97%). Artinya pengaruh dari variabel perlakuan variasi konsentrasi secara keseluruhan terhadap penyerapan logam Cr⁶⁺ sebesar 97% sedang sisanya 3% dipengaruhi oleh faktor lain diluar penelitian.

Variasi waktu kontak adsorben terhadap larutan sampel Cr⁶⁺ Conc Cr⁶⁺ Akhir

Hasil pengujian terhadap Conc Cr⁶⁺ Akhir setelah diberikan perlakuan larutan sampel Cr⁶⁺ pada tabel 13.

Tabel.13 Pengaruh variasi waktu kontak terhadap daya serap adsorben larutan sampel Cr⁶⁺

No	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Adsorpsi (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
1	0,5	0,2622 ^a	47,56 ^a	0,0595 ^a
2	1	0,3583 ^b	64,17 ^b	0,1604 ^b
3	2	0,4047 ^c	79,77 ^c	0,3988 ^c
4	5	0,4267 ^c	83,47 ^c	1,0433 ^d
5	10	0,4479 ^c	85,52 ^c	2,1380 ^e
6	25	0,4664 ^c	91,81 ^d	5,7384 ^f

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Berdasarkan tabel 4.13 terlihat bahwa nilai terendah Conc Cr⁶⁺ Akhir pada perlakuan 0,5 ppm dengan nilai 0,2622 dan berbeda nyata dengan perlakuan 1 ppm dan 5 – 25 ppm. Hal

ini menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi larutan sampel Cr6+ memberikan pengaruh yang cenderung sama dengan konsentrasi 2 ppm, 5 ppm, 10 ppm dan 25 ppm. Sedangkan pada konsentrasi 0,5 ppm dan 1 ppm masih terdapat perbedaan konsentrasi larutan.

Uji Anova Variasi waktu kontak ion Cr6+ terhadap Conc Cr6+ Akhir

Tabel 4.14 Uji F dari Conc Cr6+ Akhir ANOVA

Conc Cr6+ Akhir					
	JK	df	KK	F	Sig.
Perlakuan	0,329	7	0,047	10734587,3	0,000
Galat	0	8	0,000		
Total	0,329	15			

(Sumber: Hasil Output Penelitian dengan SPSS 22)

Untuk mengetahui apakah variabel perlakuan waktu kontak Cr6+ berpengaruh terhadap Conc Cr6+ Akhir, dapat dibandingkan nilai sig dari masing-masing perlakuan tersebut dengan nilai alpha (α) 0,05. Jika nilai sig < 0,05 berarti signifikan sebaliknya jika nilai sig > 0,05 berarti tidak signifikan. Pada hasil uji ini nilai variasi waktu kontak Cr6+ untuk Fhitung = 10734587,3 dan nilai sig = 0,00 < 0,05 yang berarti bahwa secara statistik variabel variasi waktu kontak berpengaruh signifikan terhadap Conc Cr6+ Akhir yang ada di larutan sampel Cr6+.

Penguji regresi untuk pengaruh variasi waktu kontak Cr6+ terhadap Conc Cr6+ Akhir

Tabel 15 Hasil Analisis Regresi Sederhana X Terhadap Y

Variabel	Koefisien Regresi	t _{hitung}	Sig.
Konstanta	0,548	29,102	0
Variasi waktu	-0,061	-16,359	0
F _{hitung}		267,601	
Probability			0
R			0,975
R ²			0,95

(Sumber: Hasil Output Penelitian dengan SPSS 22)

Berdasarkan hasil uji dengan menggunakan model regresi linear sederhana, nilai koefisien variabel variasi waktu kontak yang mempengaruhi Conc Cr6+ Akhir sebagai berikut: konstanta sebesar 0,548, variasi waktu kontak 0,061. Hasil uji t diperoleh nilai thitung 16,359 < ttabel = 29,102 dan nilai sig 0,00 < 0,05, maka secara parsial berpengaruh signifikan. Jadi, ada pengaruh antara variasi waktu kontak terhadap penyerapan ion logam Cr6+. Uji F dapat diketahui bahwa nilai probability sebesar 0,00, terlihat nilai probability

0,00 < 0,05, maka secara simultan berpengaruh signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa Model Regresi layak untuk digunakan pada penelitian pengaruh variasi waktu kontak terhadap penyerapan ion Cr6+. Besarnya nilai R (korelasi) sebesar 0,975, memiliki arti bahwa variabel variasi waktu kontak mempunyai korelasi yang besar dengan penyerapan ion Cr6+. Besar nilai R² adalah 0,95 (95%) dengan arti pengaruh variabel variasi waktu kontak terhadap penyerapan ion logam Cr6+ sebesar 95% sedangkan sisanya 5% dipengaruhi oleh faktor lain diluar penelitian.

Variasi waktu kontak Cr6+ terhadap kapasitas adsorben

Tabel 16 Uji F dari Kapasitas Adsorben ANOVA

Kapasitas Adsorben					
	JK	df	KK	F	Sig.
Perlakuan	0,021	7	0,003	4703705,57	0,000
Galat	0	8	0,000		
Total	0,021	15			

(Sumber: Hasil Output Penelitian dengan SPSS 22)

Untuk mengetahui apakah variabel perlakuan waktu kontak Cr6+ berpengaruh terhadap kapasitas adsorben, dapat dibandingkan nilai sig dari masing-masing perlakuan tersebut dengan nilai alpha (α) 0,05. Jika nilai sig < 0,05 berarti signifikan sebaliknya jika nilai sig > 0,05 berarti tidak signifikan. Pada hasil uji ini nilai variasi waktu kontak Cr6+ untuk Fhitung = 4703705,57 dan nilai sig = 0,00 < 0,05 yang memiliki arti bahwa secara statistik variabel waktu kontak Cr6+ berpengaruh signifikan terhadap kapasitas adsorben.

Penguji Regresi Untuk Pengaruh Variasi Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorben

Tabel 17 Hasil Analisis Regresi Sederhana X Terhadap Y

Variabel	Koefisien Regresi	t _{hitung}	Sig.
Konstanta	0,113	23,963	0
Variasi Konsentrasi	0,015	16,327	0
F _{hitung}		266,575	
Probability			0
R			0,975
R ²			0,95

(Sumber: Hasil Output Penelitian dengan SPSS 22)

Berdasarkan hasil uji dengan menggunakan model regresi linear sederhana, nilai koefisien variabel variasi waktu kontak yang mempengaruhi kapasitas adsorben Cr^{6+} sebagai berikut: konstanta sebesar $= 0,113$, perlakuan variasi waktu kontak sebesar $0,015$. Hasil uji t dapat diperoleh nilai $t_{hitung} 16,327 < t_{tabel} = 23,963$ dan nilai $\text{sig } 0,00 < 0,05$, maka secara parsial berpengaruh signifikan. Jadi, ada pengaruh signifikan antara perlakuan variasi waktu kontak terhadap kapasitas adsorben ion logam Cr^{6+} .

Uji F dapat diketahui bahwa nilai probability sebesar $0,00 < 0,05$, maka secara simultan berpengaruh signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi layak untuk digunakan pada penelitian pengaruh kapasitas adsorben logam Cr^{6+} . Sedangkan besarnya nilai R (korelasi) sebesar $0,975$. Memiliki arti bahwa variabel variasi waktu kontak mempunyai korelasi tinggi dengan kapasitas adsorben logam Cr^{6+} . Besar nilai R^2 adalah $0,95$ (95%) dengan arti pengaruh variabel variasi waktu kontak terhadap kapasitas adsorben logam Cr^{6+} sebesar 95% sedang sisanya 5% dipengaruhi oleh faktor lain diluar penelitian.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rumput laut (*Eucheuma* sp.) dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap Ion $\text{Cr}(\text{VI})$.
2. Adsorben rumput laut yang diaktivasi menggunakan larutan H_2SO_4 1 M memiliki kondisi optimum $53,82\%$, variasi waktu kontak 60 menit memiliki kondisi optimum $91,82\%$, dan variasi konsentrasi 25 ppm memiliki optimum $73,78\%$. Penyerapan adsorben pada limbah pewarna alami $90,05\%$, sedangkan pada limbah pewarna tekstil yaitu $91,01\%$.
3. Pada uji analisis statistik dapat disimpulkan bahwa perlakuan variasi waktu kontak dan perlakuan variasi larutan konsentrasi berpengaruh signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abirami, S., Srisudha., Gunasekaran, P. (2012). *Biosorption of Chromium from Tannery Effluent Using Biomass Sargassum Wightii (Greville)*, Int. J. Pharm. Bio. Sci. 3(3): (B). pp. 584 – 595.
- Anggadiredja, J. T., Zalnika, A., Purwoto, H. dan Istiani, S. (2009). *Rumput Laut*. Jakarta: Penebar Swadaya
- Aslan, L.M. (1998). *Budidaya Rumput Laut*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Barlian, H dan Lasire. (2017). *Aktivasi Adsorben dari Rumput Laut Sargassum sp Menggunakan Asam Klorida. Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M) 2017*. Hal. 93-96.
- Bernasconi, G. 1995. *Teknologi Kimia*. Pradnya Paramita Jakarta.

- Chaidir, Z., Hasanah, Q., dan Zein, R. (2015). *Penyerapan Ion Logam Cr(III) dan Cr(VI) Dalam Larutan Menggunakan Kulit Buah Jengkol (Pithecellobium Jiringa (Jack) Prain.)*, J. Ris. Kim., 8(2), Hal. 189-199.
- Diantariani, S, dan Elantiani. (2008). *Proses Biosorpsi dan Desorpsi Ion Cr (IV) pada Biosorben Rumput Laut Eucheuma spinosum*. Jurnal Kimia 2 (1): Hal. 45-52.
- Handoko, D S, G., Yantus A.B., Lawa, Y., Naat, J.N., Riwu, A., Holdsworth, C.I., Amenaghawon, A.N., dan Kusuma, H.S. (2020). *A Cr(VI)-imprinted-poly(4-VP-Co-EGDMA) sorbent prepared using precipitation polymerization and its application for selective adsorptive removal and solid phase extraction of Cr(VI) ions from electroplating industrial wastewater*. Reactive and Functional Polymers, 147, pp. 104451.
- Ibrahim B, Sukarsa D R, Aryanti L. (2011). *Pemanfaatan Rumput Laut Sargassum sp. Sebagai Adsorben Limbah Cair Industri Rumah Tangga Perikanan*. JPHPI 2012. 5(1), Hal. 24-30.
- Kasim, Ma'ruf. (2016). *Makro Alga; Kajian Biologi, Ekologi, Pemanfaatan, dan Budidaya*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Natalina, Firdaus H. (2017). *Penurunan Kadar Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) Dalam Limbah Batik Menggunakan Limbah Udang (Kitosan)*. Teknik, p-ISSN 0852-1697, e ISSN: 2450-9919.
- Paleologos, E.K., Stalikas, C.D., Tzouwara-Karayanni, S.M., and Karayannis, M.I. (2001). *Selective speciation of trace chromium through micelle-mediated preconcentration, coupled with micellar flow injection analysis–spectrofluorimetry*. Anal. Chim. Acta. **436**. pp. 49–57.
- Panggabean, A.S., Subur P. Pasaribu, Bohari, Nurhasanah (2014). *Preconcentration of Chromium(VI) at Trace Levels Using Acid Alumina Resin With Column Method*. Indonesian Journal of Chemistry. 14(1). pp. 51-56.
- Panggabean, A.S., Subur P. Pasaribu, Bohari. (2015). *Determination of Cr(VI) by Using Chitosan-1,5- Diphenyl Carbazide Resin Modified at the Preconcentration System With Column Method*, International Journal of Pharma and Bio Sciences 6(3). pp. 101-111.
- Rohman, A. (2007). *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L., dan Parkin, G.F., (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science*, 5th Edition, McGraw-Hill Higher Education, New York, ISBN 0-07-123045-9.

- Sinurat E, dan Marliani R. (2017). *Karakteristik Na-Alginat dari Rumput Laut Coklat Sargassum crassifolium dengan Perbedaan Alat Penyaring. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20 (2): 351-361.
- Sudiarta, I W. (2009). *Biosorpsi Ion Cr (III) pada Rumput Laut Eucheuma Spinosum Teraktivasi Asam Sulfat*. ISSN: 1907-9850.
- Sugiharto., (2005), *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*, UI-Press, Jakarta.
- Sugita, P., Sjahriza, A., Wukirsari, T., dan Wahyono. D., (2009). *Kitosan Sumber Biomaterial Masa Depan*, IPB Press, Bogor.
- Suhada, F A dan Alfiah, T. (2019). *Perbandingan Kemampuan Sargassum sp dan Alginat Sebagai Adsorben Logam Cu dengan variasi pH*. ISSN: 2685-6875.