

**BIOSORPSI LOGAM BERAT KROMIUM (VI) DENGAN MENGGUNAKAN
JERAMI PADI YANG TERAKTIVASI SODIUM HIDROKSIDA (NaOH)**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Oleh:

**KUNTI ROHMATUL ULYA
NIM. 115080113111002**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

**BIOSORPSI LOGAM BERAT KROMIUM (VI) DENGAN MENGGUNAKAN
JERAMI PADI YANG TERAKTIVASI SODIUM HIDROKSIDA (NaOH)**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana di
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya

Oleh:
KUNTI ROHMATUL ULYA
NIM. 115080113111002



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

SKRIPSI

BIOSORPSI LOGAM BERAT KROMIUM (VI) DENGAN MENGGUNAKAN
JERAMI PADI YANG TERAKTIVASI SODIUM HIDROKSIDA (NaOH)

Oleh:
KUNTI ROHMATUL ULYA
NIM. 115080113111002

Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 29 Juli 2015
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
SK Dekan No. :
Tanggal:

Dosen Penguji I

Menyetujui
Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Mulyanto, M.Si
NIP. 19600317 198602 1 001
Tanggal:

Dr. Yuni Kilawati, S.Pi, M.Si
NIP. 19730702 200501 2 001
Tanggal:

Dosen Penguji II

Dosen Pembimbing II

Nanik Retno Buwono, S.Pi., MP
NIP. 19840402 201404 2 002
Tanggal:

Andi Kurniawan, S.Pi, M.Eng, D.Sc
NIP.19790331 200501 1 003
Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Jurusan MSP

Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal:

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tulisan pembuatan laporan skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak pernah terdapat tulisan, pendapat atau bentuk lain yang telah diterbitkan oleh orang lain kecuali tertulis dalam laporan ini di daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan skripsi ini hasil jiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 24 Juni 2015

Penulis,

Kunti Rohmatul Ulya
115080113111002

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas segala kelancaran dalam penyelesaian laporan skripsi ini
2. Kedua orang tua atas segala motivasi serta doa sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Yuni Kilawati, S.Pi., M.Si dan Bapak Andi Kurniawan S.Pi., M.Eng., D.Sc selaku dosen pembimbing yang telah suka rela dengan kesabarannya memberikan segenap ilmu dan sarannya kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan ini
4. Bapak Dr. Ir. Mulyanto, M.Si dan Ibu Nanik Retno Buwono, S.Pi., MP selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang sangat bermanfaat bagi penulis
5. Sahabat, kakak tingkat, rekan tim, serta adik-adik kos yang selalu memberikan dorongan, semangat, serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini.
6. Semua kawan-kawan jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan angkatan 2011 (ARM 11) yang memberikan semangat dan saran atas terselesaikannya laporan skripsi ini.

RINGKASAN

KUNTI ROHMATUL ULYA. Skripsi tentang Biosorpsi Logam Berat Kromium (VI) dengan Menggunakan Jerami Padi yang Teraktivasi Sodium Hidroksida (NaOH) (dibawah bimbingan Dr. Yuni Kilawati, S.Pi., M.Si dan Andi Kurniawan, S.Pi., M.Eng., D.Sc)

Aktivitas kehidupan manusia yang sangat tinggi telah menimbulkan pergeseran keseimbangan ke bentuk yang cenderung lebih buruk. Hal tersebut ditandai dengan semakin banyaknya industri yang memproduksi berbagai jenis kebutuhan manusia. Seiring pertambahan industri tersebut maka semakin banyak kasus pencemaran. Banyak bahan buangan industri yang dibuang begitu saja di aliran sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Salah satu kasus pencemaran yang terjadi adalah di Kali Badek, Kelurahan Ciptomulyo, Kecamatan Sukun, Kota Malang. Pencemaran ini terjadi akibat limbah yang dihasilkan pabrik penyamakan kulit PT Usaha Loka dan PT Kasin. Salah satu limbah yang dihasilkan pabrik penyamakan kulit tersebut adalah logam berat kromium (VI) yang merupakan bahan pengoksidasi kuat, mempunyai potensi karsinogenik, bersifat lebih toksik terhadap makhluk hidup termasuk manusia dibandingkan dengan kromium (III). Mengingat dampak negatif yang ditimbulkan logam berat kromium (VI), maka keberadaannya di perairan perlu diminimalkan. Biosorpsi merupakan salah satu metode alternatif dalam penyerapan logam berat dengan menggunakan bahan organik. Jerami padi merupakan salah satu biosorben yang dapat digunakan untuk penyerapan logam berat, mengingat kelimpahannya yang sangat banyak di alam, harganya relatif murah bahkan keberadaannya hanya sebagai limbah sehingga perlu dimanfaatkan. Jerami padi yang digunakan sebagai biosorben dimodifikasi dengan NaOH dengan tujuan untuk menghilangkan pengotor yang terdapat dalam biosorben sehingga pori-pori lebih terbuka yang memungkinkan peningkatan kemampuan penyerapan logam berat kromium (VI).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan biosorben jerami padi yang teraktivasi NaOH dalam menyerap logam berat kromium (VI) dengan variasi waktu dan konsentrasi yang berbeda serta mengetahui karakteristik adsorpsi logam berat kromium (VI).

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Jerami padi yang telah dikumpulkan dipreparasi terlebih dahulu kemudian dimodifikasi dengan NaOH. Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidrobiologi dengan 2 kali pengulangan. Tahapan pada penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu tahapan penentuan waktu optimum dengan variasi waktu 5, 30, 60, 120 dan 300 menit serta tahapan penentuan adsorpsi isotherm dengan perbedaan konsentrasi 15, 150, 300, 600 serta 1200 ppm.

Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa biosorben jerami padi yang teraktivasi NaOH memiliki kemampuan sebagai biosorben logam berat kromium (VI). Berdasarkan variasi waktu kontak, pada waktu 5, 60, dan 300 menit jumlah logam berat kromium (VI) yang terserap jerami padi yang teraktivasi NaOH mengalami peningkatan, kemudian cenderung stabil/ sama pada waktu 60, 120, dan 300 menit, dengan waktu kontak optimum adalah 120 menit dengan akumulasi 2.12 mg/g-kering. Berdasarkan perbandingan variasi konsentrasi, pengaruh konsentrasi awal nilainya terus meningkat dengan semakin bertambahnya konsentrasi dengan nilai akumulasi tertinggi sebesar 15.2 mg/g-

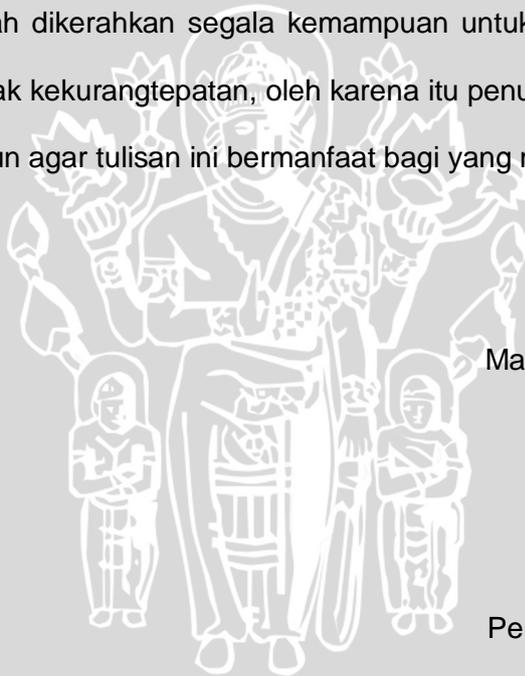
kering pada konsentrasi 1192 ppm. Hasil tersebut berbanding terbalik dengan efektivitas penyerapan logam berat, dimana konsentrasi 15 ppm memiliki efektivitas lebih tinggi sebesar 40.8% jika dibandingkan dengan konsentrasi yang lain. Pola adsorpsi isoterm jerami padi yang teraktivasi NaOH diklasifikasikan mendekati pola isoterm tipe Langmuir yang mengasumsikan adsorpsi terbatas pada lapisan tunggal (*monolayer*). Mekanisme penyerapan logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH diketahui adalah *passive uptake* dengan cara pertukaran ion dan daya tarik elektrostatis.



KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyajikan laporan skripsi yang berjudul “Biosorpsi Logam Berat Kromium (VI) dengan Menggunakan Jerami Padi yang Teraktivasi Sodium Hidroksida (NaOH)”. Penulisan ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Jurusan Manajemen Sumberdaya Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.

Sangat disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kekurangtepatan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.



Malang, 24 Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

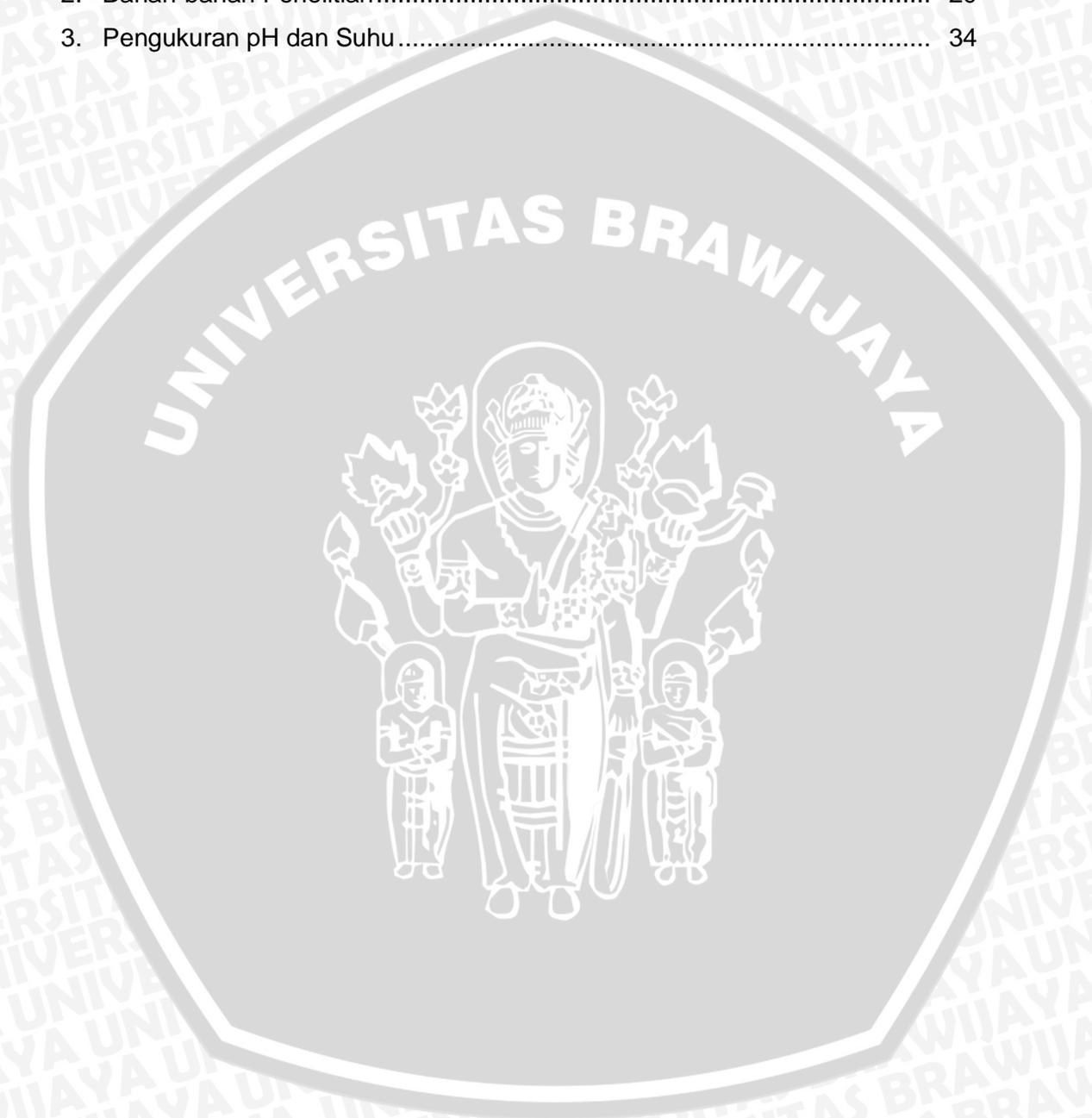
RINGKASAN	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR DIAGRAM	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penulisan	4
1.4 Kegunaan Penelitian.....	5
1.5 Tempat dan Waktu	5
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Adsorpsi (Penyerapan).....	6
2.2 Isotherm Adsorpsi.....	7
2.3 Biosorpsi (Penyerapan menggunakan Material Organik)	9
2.4 Logam Berat Cr(VI)	11
2.5 Dampak Logam Cr(VI)	12
2.6 Biosorben Jerami Padi.....	13
2.7 Modifikasi Biosorben Jerami Padi dengan NaOH.....	14
2.8 Mekanisme Penyerapan Logam Berat Oleh Jerami Padi	15
2.9 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Biosorpsi	16
2.9.1 Suhu.....	16
2.9.2 pH.....	17
3. METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Materi Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.2.1 Alat Penelitian.....	19
3.2.2 Bahan Penelitian	20
3.3 Metode Penelitian	20



3.4	Sumber Data	22
3.4.1	Data Primer	22
3.4.2	Data Sekunder.....	22
3.5	Metode Pengumpulan Data	23
3.5.1	Proses Pengambilan Agen Biosorben Jerami Padi.....	23
3.5.2	Metode Preparasi Agen Biosorben Jerami Padi.....	23
3.5.3	Metode Modifikasi Agen Biosorben Jerami Padi dengan NaOH	24
3.5.4	Metode Pembuatan Larutan Cr(VI)	24
3.5.5	Metode Penentuan Waktu Optimum Biosorpsi Ion Cr(VI)	24
3.5.6	Metode Penentuan Isotherm dan Kapasitas Biosorpsi LogamCr(VI)	26
3.5.7	Metode Penggunaan UV-VIS Spektrofotometer.....	29
3.5.8	Pengukuran Parameter Kualitas Air	30
	a. Pengukuran Suhu.....	30
	b. Pengukuran pH.....	30
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1	Pengaruh Variasi Waktu	32
4.2	Pengaruh Variasi Konsentrasi Awal terhadap Biosorpsi.....	34
4.3	Efektivitas Penyerapan Logam Berat Cr(VI) oleh Biosorben	36
4.4	Adsorpsi Isotherm Logam Berat Cr(VI)	38
4.5	Karakteristik Biosorpsi Logam Berat Cr(VI) oleh Jerami Padi yang Teraktivasi NaOH.....	41
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran	45
	DAFTAR PUSTAKA.....	46
	LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat-alat Penelitian	19
2. Bahan-bahan Penelitian	20
3. Pengukuran pH dan Suhu	34



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Penyerapan logam Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH dengan variasi waktu kontak.....	32
2. Penyerapan logam Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH pada konsentrasi awal yang berbeda.....	35
3. Grafik efektivitas penyerapan logam Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH.....	36
4. Grafik adsorpsi isoterm logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH.....	38
5. Adsorpsi isoterm Langmuir logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH.....	40



DAFTAR DIAGRAM

Diagram

Halaman

1. Prosedur Biosorpsi Logam Berat Cr(VI) oleh Jerami Padi..... 28



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sektor industri di Indonesia pada saat ini cukup pesat. Hal ini ditandai dengan semakin banyak industri yang memproduksi berbagai jenis kebutuhan manusia seperti industri kertas, tekstil, penyamakan kulit, dan sebagainya (Danarto, 2007). Seiring dengan penambahan industri tersebut, maka semakin banyak kasus mengenai pencemaran lingkungan. Banyak bahan buangan industri yang secara langsung disalurkan ke dalam aliran sungai yang berada di sekitarnya tanpa adanya pengolahan limbah terlebih dahulu, sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran dan kerusakan keseimbangan ekosistem yang ada didalamnya.

Salah satu kasus pencemaran yang terjadi adalah di Kali Badek, Kelurahan Ciptomulyo, Kecamatan Sukun, Kota Malang. Menurut berita online yang dilansir oleh Tempo (2014) menyatakan bahwa dua pabrik penyamakan kulit di Malang yakni PT Usaha Loka dan PT Kasin telah mencemari Kali Badek. Pencemaran tersebut mengakibatkan air sungai mengeluarkan bau menyengat dan sangat keruh, tiang telepon keropos, dan banyak warga yang terkena infeksi saluran pernafasan akut (ISPA). Menurut Kepala Badan Lingkungan Hidup Kota Malang diketahui bahwa hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa kedua pabrik penyamakan kulit tersebut positif mencemari sungai tersebut.

Salah satu limbah yang dihasilkan oleh industri penyamakan kulit adalah logam berat kromium (Cr). Kromium (Cr) di alam terdapat dalam 2 bentuk oksida yakni oksida Cr(III) dan Cr(VI). Daya racun yang dimiliki oleh logam kromium (Cr) ditentukan oleh valensi ionnya. Logam berat Cr(III) memiliki bilangan oksidasi +3 dan bersifat lebih stabil, sedangkan Cr(VI) memiliki bilangan oksidasi

+6 dan bersifat kurang stabil, bersifat reaktif, serta mempunyai kelarutan yang tinggi (Palar, 1994). Tingkat toksisitas Cr(VI) sangat tinggi sehingga bersifat racun terhadap semua organisme. Logam berat Cr(VI) merupakan oksidator kuat serta bersifat karsinogenik. Toksisitas Cr(III) jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan Cr(VI) yaitu, sekitar 1/100 kalinya. Logam berat Cr(III) umumnya hanya toksik terhadap tumbuh-tumbuhan dalam konsentrasi tinggi, kurang toksik bahkan non toksik terhadap binatang, akan tetapi apabila terpapar dalam jangka waktu yang sangat panjang dapat menyebabkan penyakit kulit dan kanker (Anderson, 1997 dalam Diantariani *et al.*, 2008). Menurut peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 (2014) dan peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 (2013), menyebutkan bahwa baku mutu air limbah yang boleh dialirkan ke air permukaan untuk Cr(VI) sebesar 0.1 – 0.5 mg/L, oleh karena itu kandungan logam berat khususnya Cr(VI) dalam limbah industri yang melebihi ambang batas harus diminimalkan sebelum dibuang ke lingkungan.

Mengingat faktor resiko yang ditimbulkan oleh pencemaran logam berat kromium (Cr) terutama Cr(VI), maka pengambilan ion-ion logam berat dari lingkungan penting untuk dilakukan. Beberapa metode telah digunakan untuk pengambilan logam berat dari lingkungan perairan, misalnya, pengendapan logam berat sebagai hidroksida logam. Namun logam-logam seperti Hg, Cd dan Pb tidak dapat mengendap dengan sempurna. Kekurangan ini dapat diatasi dengan teknik elektrodeposisi, akan tetapi teknik yang mutakhir ini membutuhkan peralatan yang relatif mahal dan sistem monitoring yang terus menerus (Hughes dan Poole, 1989 dalam Raya *et al.*, 2001). Penggunaan sorben dari bahan organik (biosorben) akhir-akhir ini sangat banyak dikembangkan. Biosorben mempunyai keunggulan untuk mengatasi pencemaran logam berbahaya dan

beracun di lingkungan karena harganya yang relatif murah, mudah didapat, dapat diperbaharui serta sifatnya yang ramah lingkungan (Sukhla, *et al.*, 2002). Beberapa biosorben yang telah dipakai untuk pengambilan logam berat dalam perairan adalah serat sabut kelapa hijau (Sudiarta dan Yulihastuti, 2010), rumput laut *Eucheuma spinosum* (Diantariani, *et al.*, 2008), chitosan (Veera, *et al.*, 2003), serbuk gergaji (Sukhla, *et al.*, 2002), mikroalga (Cervantes *et al.*, 2001).

Jerami atau batang padi merupakan salah satu material yang diduga dapat digunakan sebagai biosorben. Pemanfaatan dari jerami padi umumnya hanya digunakan sebagai pakan ternak, pembuatan pupuk kompos, media tumbuh jamur merah dan lain sebagainya. Penggunaan jerami sebagai adsorben belum banyak dilakukan (Wardiyati dan Lubis, 2002). Jerami merupakan material yang tersusun atas beberapa konstituen diantaranya lignin 22.3%, selulosa 32%, hemiselulosa 35.7% (Xiao *et al.*, 2001 *dalam* Wannapeera *et al.*, 2008). Selulosa yang terkandung dalam jerami padi dapat digunakan untuk menyerap logam Cr(VI) karena secara fisika, selulosa tersusun atas rantai-rantai panjang sejajar yang terikat satu sama lain oleh ikatan hidrogen sehingga membentuk struktur seperti anyaman yang disebut *fibril*, sementara secara kimia terjadi pertukaran ion antara ion hidrogen dari gugus $-OH$ selulosa dengan ion logam Cr(VI) (Erenon, 2011 *dalam* Dewi, 2012).

Untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi dari biosorben perlu dilakukan modifikasi. Modifikasi dapat dilakukan dengan memberi perlakuan kimia seperti direaksikan dengan asam dan basa atau perlakuan fisika seperti pemanasan dan pencucian (Marshall dan Mitchell, 1996 *dalam* Fahrizal, 2008). Modifikasi yang dilakukan dalam penelitian ini dengan menggunakan basa berupa Larutan NaOH. Modifikasi biosorben dengan NaOH menurut Sudiarta dan Sahara (2011), bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan spesifik dan situs aktifnya.

Modifikasi dengan NaOH menyebabkan pengotor yang terdapat dalam biosorben akan larut sehingga pori lebih terbuka yang memungkinkan peningkatan luas permukaan spesifiknya.

Mengingat kelimpahan jerami yang sangat besar di alam serta potensinya yang sangat besar sebagai biosorben, maka perlu dilakukan penelitian tentang penggunaan jerami sebagai biosorben yang nantinya akan memberikan nilai tambah baik ekonomis maupun ekologis terhadap pemecahan masalah pencemaran lingkungan oleh logam berat kromium (Cr) terutama Cr(VI) yang ditimbulkan oleh berbagai aktivitas manusia. Dalam penelitian ini dipelajari bagaimana pengaruh variasi waktu kontak biosorpsi, variasi konsentrasi serta pola isotherm adsorpsi logam berat Cr(VI).

1.2 Perumusan Masalah

1. Berapa waktu kontak optimum serta efektivitas penyerapan logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH?
2. Bagaimana pola isotherm adsorpsi logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH?
3. Bagaimana mekanisme penyerapan logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui waktu kontak optimum serta efektivitas penyerapan logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH.
2. Untuk mengetahui pola isotherm adsorpsi logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH.
3. Untuk mengetahui mekanisme penyerapan logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH.

1.4 Kegunaan

Kegunaan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Mahasiswa

Untuk menambah wawasan dan pengetahuan secara teknis dalam pemanfaatan jerami padi sebagai biosorben ion logam berat Cr(VI) dalam perairan.

2. Peneliti atau Lembaga Ilmiah

Dapat dijadikan sebagai bahan informasi untuk melakukan penelitian dalam mengembangkan keilmuan, serta mendukung kesempurnaan ilmu pengetahuan yang sedang berkembang saat ini, khususnya yang berhubungan dengan pemanfaatan bahan alam yang dapat dijadikan sebagai biosorben yang murah, mudah didapat, dan ramah lingkungan.

1.5 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrobiologi, Universitas Brawijaya Malang untuk preparasi dan perlakuan biosorben. Analisis logam berat dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya. Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan mulai bulan April – Mei 2015.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi (Penyerapan)

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh suatu padatan terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam permukaan zat padat tersebut (Atkins, 1999 *dalam* Apriliani, 2010). Zat yang menyerap disebut adsorben, sedangkan zat yang terserap disebut adsorbat. Adsorben dapat berupa zat padat maupun zat cair, sedangkan adsorbat dapat berupa gas maupun zat cair. Adsorben dapat berupa silika gel, alumina, platina halus, selulosa, dan arang atau arang aktif, sedangkan adsorbat biasanya berupa limbah yang mengandung logam berat maupun zat lain yang kurang menguntungkan (Retnowati, 2005).

Proses adsorpsi terdiri dari dua jenis, yaitu adsorpsi kimia dan adsorpsi fisika. Pada adsorpsi kimia, suatu molekul menempel ke permukaan melalui pembentukan ikatan kimia, sedangkan pada adsorpsi fisika, adsorbat menempel pada permukaan melalui interaksi antarmolekul yang lemah. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi antara lain sifat fisis dan kimia adsorben. Pada sifat fisis, faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu: luas permukaan dan ukuran partikel, sedangkan untuk sifat kimia, faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu: ukuran molekul dan komposisi kimia, serta konsentrasi adsorbat dalam fase cairan. Semakin kecil ukuran partikel dari adsorben, maka semakin besar luas permukaan padatan persatuan volume tertentu sehingga akan semakin banyak zat yang diadsorpsi (Atkins, 1999 *dalam* Alamsyah, 2007).

Menurut Sediawan dan Prasetya (1997) dalam Danarto (2007), proses adsorpsi terjadi pada permukaan pori-pori dalam adsorben, sehingga untuk bisa teradsorpsi, logam berat dalam cairan mengalami proses-proses antara lain :

1. Perpindahan massa logam dari cairan ke permukaan adsorben.
2. Difusi dari permukaan adsorben ke dalam melalui pori.
3. Perpindahan massa logam dari cairan dalam pori ke dinding pori adsorben.
4. Adsorpsi logam pada dinding pori adsorben.

2.2 Isotherm Adsorpsi

Isotherm adsorpsi digambarkan sebagai hubungan kesetimbangan antara potensial kimia adsorbat dalam cairan dan potensial kimia adsorbat di permukaan adsorben pada suhu tetap. Kesetimbangan tercapai jika laju pengikatan adsorben terhadap adsorbat sama dengan laju pelepasannya. Isotherm adsorpsi yang umum dikenal ada tiga macam, yaitu isotherm Langmuir, Freundlich, dan Brenaur-Emmet-Teller (BET). Tipe isotherm adsorpsi yang digunakan untuk mempelajari fase cair-padat pada umumnya menganut tipe isotherm Langmuir dan Freundlich (Koumanova dan Antova, 2002; Alberty dan Silbey, 1992 dalam Sulistyawati, 2008).

Isotherm Langmuir dipelajari untuk menggambarkan pembatasan sisi adsorpsi dengan asumsi bahwa sejumlah tertentu sisi sentuh adsorben ada pada permukannya dan semua memiliki energi yang sama, serta sifat adsorpsinya dapat balik. Isotherm Langmuir mengasumsikan bahwa setiap tapak adsorpsi adalah ekuivalen dan kemampuan partikel untuk terikat di tapak tersebut tidak bergantung pada ditempati atau tidak ditempatinya tempat yang berdekatan, sehingga dapat digambarkan bahwa permukaan adsorpsi homogen (Atkins, 1999; Ribeiro *et al.*, 2005 dalam Sulistyawati, 2008).

Persamaan isotherm adsorpsi Langmuir menurut Atkins (1999) dalam Suprayogi (2009), dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadi kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben dengan molekul-molekul zat yang tidak teradsorpsi.

Persamaan isotherm adsorpsi Langmuir dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{C}{X/M} = \frac{1}{\alpha\beta} + \frac{k_2}{\alpha} C$$

Keterangan:

C : Konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi.

X/M : Massa adsorbat yang teradsorpsi per gram adsorben.

$\alpha\beta$: Konstanta yang berhubungan dengan afinitas adsorpsi

Isoterm Freundlich merupakan isoterm yang paling umum digunakan dan dapat mencirikan proses adsorpsi dengan lebih baik. Isoterm Freundlich menganggap bahwa pada semua sisi permukaan adsorben akan terjadi proses adsorpsi di bawah kondisi yang diberikan. Isoterm Freundlich tidak mampu memperkirakan adanya sisi-sisi pada permukaan yang mampu mencegah adsorpsi pada saat kesetimbangan tercapai dan hanya ada beberapa sisi aktif saja yang mampu mengadsorpsi molekul terlarut (Jason, 2004). Freundlich mengasumsikan bahwa permukaan adsorben bersifat heterogen dan lapisan adsorbat akan membentuk lapisan multimolekuler (Anggaraningrum 1996).

Isoterm Freundlich menggambarkan hubungan antara sejumlah komponen yang teradsorpsi per unit adsorben dan konsentrasi komponen tersebut pada kesetimbangan. Menurut Atkins (1999), proses adsorpsi zat terlarut oleh permukaan padatan menerapkan isoterm Freundlich yang dapat diturunkan secara empiris dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{X}{M} = kC^{1/n}$$

Apabila dilogaritmakan, persamaan akan menjadi :

$$\text{Log } \frac{X}{M} = \log k + \frac{1}{n} \log C$$

Keterangan:

X/M = jumlah adsorbat teradsorpsi per satuan bobot biosorben

M = bobot biosorben

C = konsentrasi kesetimbangan adsorben

k, n = konstanta empiris.

2.3 Biosorpsi (Penyerapan menggunakan Material Organik)

Biosorpsi merupakan proses penyerapan analit oleh biomassa. Biosorpsi memanfaatkan kemampuan material biologis untuk mengakumulasi logam berat dari larutan secara metabolisme ataupun fisik-kimiawi (Aravindhan, *et al*, 2004). Istilah biosorpsi menurut Gadd (2008) dapat diartikan sebagai sistem apa saja dimana sorbet (misalnya atom, molekul, ino molekul) berinteraksi dengan biosorben yang mengakibatkan akumulasi antarmuka pada sorbat dan biosorben yang mengakibatkan penurunan konsentrasi larutan sorbet.

Menurut Diantariani, *et al.* (2008), salah satu metode untuk menurunkan kandungan logam berat dalam air limbah adalah dengan *treatment* sorpsi. Metode sorpsi yaitu melibatkan interaksi antara analit dengan permukaan zat padat (adsorben). Proses adsorpsi menggunakan produk limbah pertanian atau biosorpsi menjadi alternatif baru untuk pengolahan limbah air. Menurut Kargi dan Cikla (2006), proses biosorpsi lebih baik digunakan untuk metode kimia dan fisika dikarenakan oleh faktor-faktor dibawah ini :

- a. Tanaman dapat digunakan sebagai adsorben dari limbah berlebih yang dihasilkan untuk pengolahan air limbah

- b. Biosorben murah, mudah didapat, dan kemungkinan dapat digunakan kembali
- c. Penyerapan ion logam lebih selektif menggunakan biosorben
- d. Proses biosorpsi dapat dilakukan secara luas pada beberapa kondisi lingkungan seperti pH, kekuatan ion, dan temperatur.

Kemampuan sel hidup dan sel mati dalam mengikat logam ternyata mempunyai mekanisme yang berbeda tergantung pada sistem metabolismenya. Pada sel hidup, parameter yang berpengaruh dalam proses adsorpsi adalah umur sel, ketersediaan nutrisi selama pertumbuhan dan kondisi selama proses biosorpsi seperti pH, suhu dan adanya co-ion tertentu. Efisiensi penyerapan juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik kimiawi logam yang akan diolah. Penggunaan biosorben yang berasal dari hasil samping produk pertanian, memiliki dua model penyerapan yaitu adsorpsi intrinsik dan interaksi kolombik. Pada proses adsorpsi intrinsik yang menjadi faktor utama adalah luas area. Hal ini dapat diketahui dengan mengamati efek ukuran adsorben terhadap kemampuan adsorpsi. Sedangkan pada interaksi kolombik dihasilkan energi elektrostatik dari interaksi adsorben dan adsorbat. Intensitas interaksi ini akan sangat tergantung pada kekuatan muatan kedua bahan. Interaksi kolombik dapat diamati dari adsorpsi bahan kationik dan anionik adsorben. Biosorben umumnya mengandung β -D-glukosa berulang sebagai komponen utama dinding sel. Gugus hidroksil polar selulosa inilah yang berperan dalam reaksi kimia dan mengikat logam berat dari larutan. Modifikasi gugus fungsional dapat mengubah sifat-sifat permukaan yang pada akhirnya akan berpengaruh pada kemampuan adsorpsi bahan (Igwe dan Abia, 2006).

2.4 Logam Berat Cr(VI)

Kromium (Cr) merupakan logam berat yang termasuk dalam golongan transisi. Kata Cr berasal dari bahasa Yunani (= Chroma) yang berarti warna. Pada struktur kimia, kromium dilambangkan dengan simbol "Cr". Logam berat kromium (Cr) mempunyai nomor atom (NA) 24 dan berat atom (BA) 51,996. Berdasarkan pada sifat-sifat kimianya, logam berat kromium (Cr) dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi +2, +3, dan +6. Logam berat kromium (Cr) yang telah membentuk senyawa akan mempunyai sifat-sifat yang berbeda sesuai dengan tingkat valensi yang dimilikinya. Senyawa yang terbentuk dari logam berat Cr(II) akan bersifat basa, senyawa yang terbentuk dari logam berat Cr(III) akan bersifat amfoter/ senyawa yang dapat bersifat asam maupun basa (Cr(III) akan bersifat asam apabila dalam lingkungan yang basa dan bersifat basa apabila dalam lingkungan asam) dan senyawa yang terbentuk dari logam berat Cr(VI) akan bersifat asam (Palar, 1994).

Logam berat Cr(III) di lingkungan umumnya lebih stabil dibandingkan dengan Cr(VI). Perubahan logam berat Cr(VI) menjadi Cr(III) di lingkungan dapat dipandang sebagai proses detoksifikasi (ASTDR, 2000). Sifat logam berat Cr(III) kurang toksik jika dibandingkan dengan Cr(VI). Logam berat Cr(VI) memiliki sifat yang sangat toksik dan dapat meningkatkan resiko kanker. Senyawa Cr(VI) terdapat dalam dua bentuk yakni kromat (CrO_4^{2-}) yang berwarna kuning dan bikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) yang berwarna oranye. Dengan demikian toksisitas kromium (Cr) dipengaruhi oleh valensi, dosis, dan daya tahan suatu objek (Palar, 1994).

Senyawa kromium (Cr) umumnya dapat berbentuk padatan (CrO_3 , Cr_2O_3), larutan, dan gas (uap dikromat). Kromium (Cr) yang terdapat pada larutan biasanya dalam bentuk ion trivalen Cr(III) dan ion hexavalent Cr(VI). Kromium (Cr) dalam bentuk trivalen Cr(III) tidak begitu berbahaya jika dibandingkan

dengan bentuk hexavalent Cr(VI), akan tetapi apabila ion trivalent Cr(III) bertemu dengan oksidator dan kondisinya memungkinkan untuk berubah maka untuk ion trivalent Cr(III) tersebut juga akan berbahaya (Asmadi dan Oktiawan, 2009).

2.5 Dampak Logam Cr(VI)

Kromium (Cr) merupakan salah satu logam berat yang pemanfaatannya sangat luas seperti dalam industri cat, pelapisan logam (*electroplating*), dan penyamakan kulit (*leather tanning*) (Aravindan, *et al.*, 2004). Tingkat toksisitas dari logam berat Cr(VI) sangat tinggi sehingga bersifat racun terhadap semua organisme. Toksisitas Cr(III) jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan Cr(VI) yaitu, sekitar 1/100 kalinya. Logam berat Cr(III) umumnya hanya bersifat toksik terhadap tumbuh-tumbuhan dalam konsentrasi tinggi, kurang toksik bahkan non toksik terhadap binatang, akan tetapi apabila terpapar dalam jangka waktu yang sangat panjang dapat menyebabkan penyakit kulit dan kanker (Anderson, 1997 *dalam* Sudiarta dan Sulihingtyas, 2012).

Logam kromium (Cr) dapat menimbulkan kerugian bagi lingkungan tanah, udara, dan lingkungan air yang sangat vital bagi kehidupan manusia. Air yang mengandung ion Cr(III) akan menimbulkan masalah karena dapat berubah menjadi Cr(VI) oleh proses oksidasi. Logam berat Cr(VI) bersifat toksik, dalam metabolisme tubuh akan menghalangi atau mampu menghambat kerja dari enzim *benzopiren hidrosilase* (enzim yang berfungsi menghambat pertumbuhan kanker yang disebabkan oleh asbestos). Penghalangan kerja enzim *benzopiren hidrosilase* dapat mengakibatkan perubahan kemampuan pertumbuhan sel-sel menjadi tumbuh secara liar dan tidak terkontrol, atau lebih dikenal dengan istilah kanker (Palar, 1994). Sedangkan menurut Widowati, *et al.* (2008) *dalam* Apriliani (2010), dampak yang ditimbulkan akibat terpapar logam kromium (Cr) dapat mengakibatkan kanker pada alat pencernaan, iritasi mata dan kulit, kanker paru-

paru, pembengkakan dan kemerahan pada kulit, gangguan alat pernafasan, bronkitis, penurunan fungsi paru-paru, asma, gangguan pada hati, ginjal, alat pencernaan, dan sistem imunitas.

2.6 Biosorben Jerami Padi

Jerami padi berasal dari proses pengupasan padi dengan menggunakan mesin, dimana jerami padi dipindahkan dan dibiarkan kering. Jerami padi tersebut sudah tidak lagi berguna selain digunakan sebagai pakan ternak, sehingga jumlahnya sangat melimpah. Para petani biasanya membakar jerami padi karena dianggap limbah sehingga menyebabkan kabut dan masalah lingkungan lainnya (Eun *et al.*, 2006).

Jerami atau batang padi merupakan salah satu material yang dapat digunakan sebagai biosorben. Pemanfaatan dari jerami padi umumnya hanya digunakan sebagai pakan ternak, pembuatan pupuk kompos, media tumbuh jamur merah dan lain sebagainya. Penggunaan jerami padi sebagai biosorben masih belum banyak dilakukan (Wardiyati dan Lubis, 2002). Jerami merupakan material yang tersusun atas beberapa konstituen diantaranya lignin 22.3%, selulosa 32%, hemiselulosa 35.7% (Xiao *et al.*, 2001 *dalam* Wannapeera *et al.*, 2008). Selulosa yang terkandung dalam jerami padi dapat digunakan untuk menyerap logam Cr(VI) karena secara fisika, selulosa tersusun atas rantai-rantai panjang sejajar yang terikat satu sama lain oleh ikatan hidrogen sehingga membentuk struktur seperti anyaman yang disebut *fibril*, sementara secara kimia terjadi pertukaran ion antara ion hidrogen dari gugus –OH selulosa dengan logam Cr(VI) (Erenon, 2011 *dalam* Dewi, 2012).

Kajian tentang penyisihan logam berat dengan memanfaatkan limbah pertanian telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Seperti halnya yang dilakukan oleh Singha dan Kumar (2012), yang menyatakan bahwa

penggunaan limbah pertanian seperti jerami padi, dedak, sekam padi, serta kulit kacang dapat digunakan sebagai biosorben untuk logam berat Pb(II). Begitu pula dengan Dewi (2012), dimana penyisihan logam berat kadmium dapat dilakukan dengan penggunaan batang jerami.

2.7 Modifikasi Biosorben Jerami Padi dengan Sodium Hidroksida (NaOH)

Modifikasi biosorben bertujuan meningkatkan kapasitas adsorpsi dari biosorben. Modifikasi dapat dilakukan dengan memberi perlakuan kimia seperti direaksikan dengan asam dan basa atau perlakuan fisika seperti pemanasan dan pencucian (Marshall & Mitchell 1996 *dalam* Fahrizal, 2008). Larutan NaOH digunakan sebagai pelarut bertujuan untuk memisahkan selulosa dan lignin. Ion $-OH$ dari NaOH akan memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sehingga lignin akan mudah larut (Fengel dan Wegener, 1995 *dalam* Safrianti, *et al.*, 2012). Menurut Sudiarta dan Sahara (2011), perlakuan aktivasi dengan menggunakan NaOH menyebabkan pengotor-pengotor yang terdapat dalam biosorben akan larut sehingga pori menjadi lebih terbuka yang memungkinkan peningkatan luas permukaan spesifiknya. Aktivasi juga dapat memunculkan situs basa baru sebagai reaksi terjadinya pelarutan, sehingga diharapkan kemampuan biosorben dalam menyerap logam berat juga semakin meningkat.

Kapasitas dan efisiensi adsorpsi dari adsorben dapat ditingkatkan dengan aktivasi. Aktivasi bertujuan untuk melarutkan mineral yang terdapat pada sampel seperti kalsium dan fosfor. Gugus fungsi seperti $-OH$ dan $-COOH$ dapat bertambah sehingga akan lebih banyak logam berat yang akan diadsorpsi oleh adsorben. Hasil penelitian Sulistyawati (2008) *dalam* Safrianti, *et al* (2012), menunjukkan bahwa selulosa pada tongkol jagung termodifikasi NaOH mampu menyerap logam Pb(II) dari limbah industri aki dengan kapasitas adsorpsi 121,71

$\mu\text{g/g}$ adsorben, sedangkan kapasitas adsorpsi tongkol jagung tanpa modifikasi sebesar $21,73 \mu\text{g/g}$ adsorben.

2.8 Mekanisme Penyerapan Logam oleh Biosorben Jerami Padi

Proses penyerapan ion-ion logam pada biosorben terjadi melalui pengikatan aktif (*active uptake*) dan pengikatan pasif (*passive uptake*). Pengikatan aktif (*active uptake*) melibatkan reaksi metabolisme terjadi pada biomaterial yang hidup sedangkan pengikatan pasif (*passive uptake*) hanya terjadi pada biomaterial yang telah mati (Dewi, 2012). Pada penelitian ini penggunaan biosorben jerami padi untuk penyerapan logam termasuk dalam pengikatan pasif (*passive uptake*). Pada pengikatan pasif (*passive uptake*), ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda, pertama pertukaran ion dimana ion monovalent dan divalent seperti Na, Mg, dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat, dan kedua adalah formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan gugus fungsional seperti karboksil, amino, hidroksil, fosfat, dan hidroksil-karboksil yang berada pada dinding sel (Dyah dan Erwan, 2013). Menurut Suksabye *et al.*, 2007 mengatakan bahwa mekanisme pengikatan logam berat oleh adsorben juga dapat terjadi melalui ikatan elektrostatis dimana terjadi interaksi tarik menarik muatan yang berlawanan antara adsorben dengan adsorbat.

Selulosa merupakan polisakarida dengan rumus molekul $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ dan merupakan jaringan berserat dalam tumbuhan. Penyerapan logam Cr(VI) terhadap jerami padi terjadi baik secara fisika maupun secara kimia. Penyerapan secara fisika terjadi karena selulosa tersusun atas rantai-rantai panjang sejajar yang terikat satu sama lain oleh ikatan hidrogen sehingga membentuk struktur seperti anyaman yang disebut *fibril*. Struktur seperti ini yang menyebabkan selulosa mampu menyerap logam Cr(VI). Penyerapan secara kimia terjadi

karena adanya pertukaran ion antara ion hidrogen dari gugus $-OH$ selulosa dengan logam $Cr(VI)$ (Erenon, 2011 dalam Dewi, 2012).

Selulosa berpotensi untuk dijadikan sebagai adsorben karena gugus $-OH$. Adanya gugus $-OH$ menyebabkan terjadinya sifat polar pada adsorben, sehingga selulosa lebih kuat menyerap zat yang bersifat polar dari pada zat yang kurang polar. Mekanisme serapan yang terjadi antara gugus $-OH$ yang terikat pada permukaan dengan logam yang bermuatan positif merupakan mekanisme pertukaran ion. Interaksi antara gugus $-OH$ dengan logam juga memungkinkan melalui mekanisme pembentukan kompleks koordinasi karena atom oksigen pada gugus $-OH$ mempunyai pasangan elektron bebas (Mohamad, 2011).

2.9 Faktor yang Mempengaruhi Proses Biosorpsi

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses biosorpsi logam berat adalah sebagai berikut:

2.9.1 Suhu

Proses biosorpsi logam berat dapat dipengaruhi oleh variasi suhu. Suhu meningkat menyebabkan energi dan reaktivitas ion semakin besar sehingga lebih banyak ion yang dapat melewati tingkat energi untuk melakukan interaksi secara kimia dengan situs-situs di permukaan. Disamping itu reaktivitas ion yang semakin besar akan meningkatkan pula difusi ion dalam pori-pori adsorben. Sehingga lebih banyak ion yang teradsorpsi pada permukaan. Proses ini akan berlawanan ketika suhu mengalami penurunan (Amri *et al.*, 2004)

Pengaruh suhu terhadap nilai konstanta kecepatan (k_1) dan kapasitas penjerapan maksimum (q_e) pada model kinetika adsorpsi order satu semu menurut penelitian yang dilakukan Danarto (2007), terlihat bahwa semakin tinggi suhu maka nilai konstanta kecepatan akan semakin besar tetapi kemudian pada suhu 55 nilai konstanta kecepatan mengecil. Hal tersebut kemungkinan

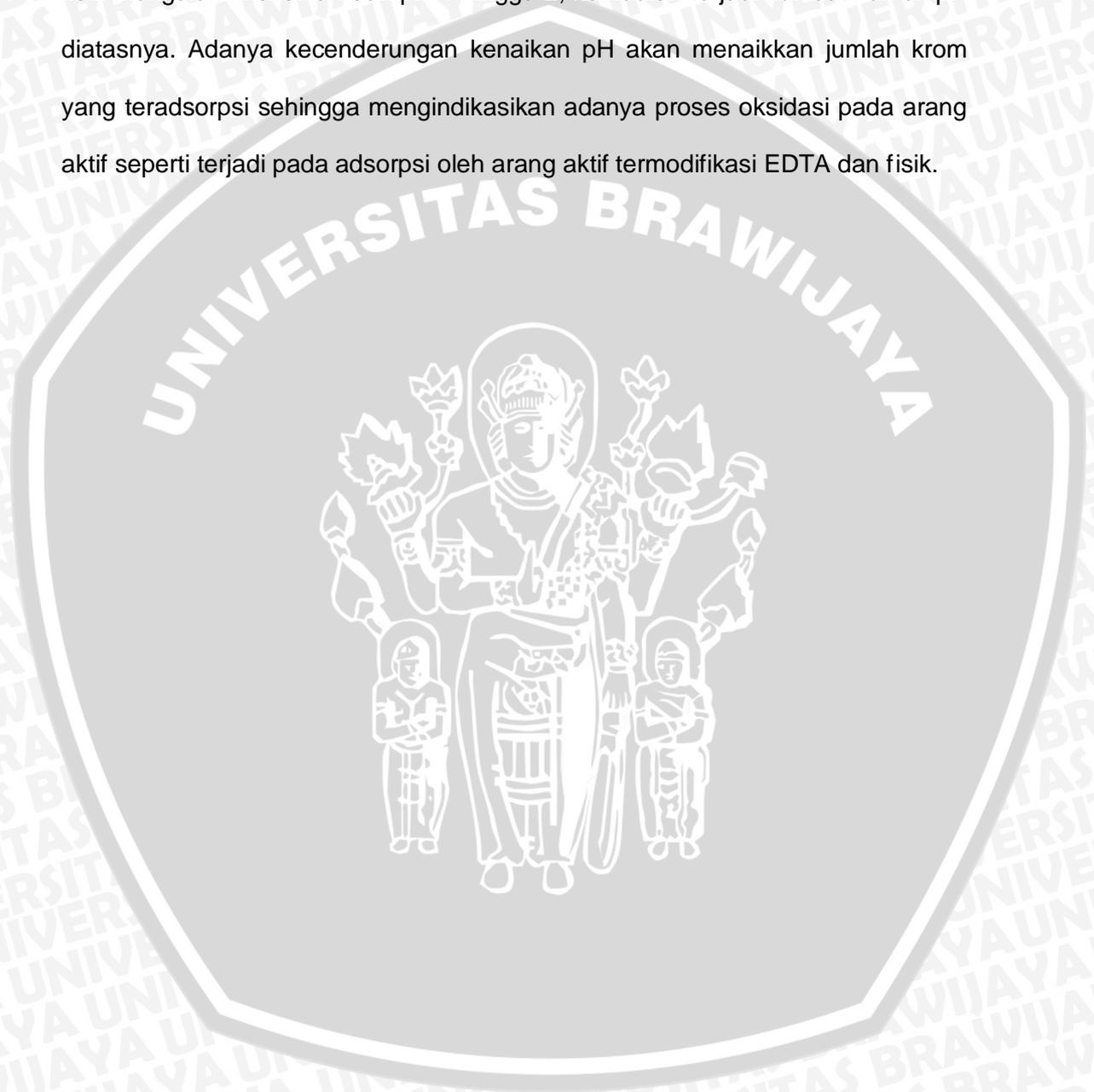
disebabkan pada suhu tersebut kecepatan desorpsi mulai berpengaruh terhadap proses kecepatan secara keseluruhan. Pada grafik kapasitas penjerapan terlihat bahwa semakin tinggi suhu maka kapasitas penjerapan maksimum semakin besar. Peristiwa tersebut kemungkinan berkaitan dengan semakin besarnya ukuran pori-pori adsorben karena pengaruh suhu. Kenaikan suhu juga akan menyebabkan mobilitas ion Cr(VI) menuju adsorben semakin cepat.

2.9.2 pH

Pengikatan kation logam oleh situs-situs aktif biosorben sangat dipengaruhi oleh pH. Parameter pH merupakan parameter yang penting dalam proses biosorpsi yang mempengaruhi spesies logam dalam larutan, aktivitas gugus fungsi dalam biomassa dan kompetisi dari ion-ion logam (Sudiarta dan Sulihingtyas, 2012). Pada pH rendah, reaksi hidrolitik dapat mengakibatkan berubahnya komponen dan keadaan permukaan aktif sel. Hal ini mengakibatkan terjadinya penurunan penyerapan yang dilakukan sorben terhadap logam. Pada pH tinggi, permukaan sel akan perlahan menjadi bermuatan negatif, sehingga kekuatan untuk mengikat ion-ion kromium (Cr) menjadi semakin kecil dan mengurangi kemampuan penyerapan. Pada pH tinggi juga terjadi presipitasi ion kromium (Cr) menjadi $\text{Cr}(\text{OH})_3$ yang mengurangi kelarutan ion kromium (Cr) pada larutan yang mengakibatkan berkurangnya jumlah ion kromium (Cr) yang dapat diserap oleh permukaan sel walaupun presipitasi kromium (Cr) baru dominan terjadi pada kisaran pH 9 sehingga biosorpsi tidak dapat lagi dilakukan pada pH diatas 9 (Saefudin, 2007 dalam Ramadhan dan Handajani, 2010).

Pengaruh pH terhadap jumlah kromium (Cr) yang teradsorpsi oleh arang aktif termodifikasi menurut penelitian yang dilakukan Wirawan (2011), menunjukkan kecenderungan yang bervariasi. Adsorpsi oleh arang aktif

termodifikasi HCl dan HNO₃ mempunyai pola yang mirip yaitu terjadi penurunan adsorpsi dari pH 1 hingga 2, kemudian pH diatas 3 terjadi kenaikan adsorpsi. Sedangkan pola adsorpsi kromium (Cr) oleh arang aktif termodifikasi EDTA dan fisik mengalami kenaikan dari pH 1 hingga 2, kemudian terjadi fluktuatif untuk pH diatasnya. Adanya kecenderungan kenaikan pH akan menaikkan jumlah krom yang teradsorpsi sehingga mengindikasikan adanya proses oksidasi pada arang aktif seperti terjadi pada adsorpsi oleh arang aktif termodifikasi EDTA dan fisik.



3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah logam berat Cr(VI), biosorpsi, agen biosorben jerami padi, modifikasi agen biosorben jerami padi dengan NaOH, mekanisme penyerapan logam berat oleh biosorben serta parameter pendukung berupa suhu dan pH.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian biosorpsi logam berat Cr(VI) dengan menggunakan jerami padi yang teraktivasi NaOH adalah sebagai berikut:

3.2.1 Alat penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Alat-alat penelitian

No.	Nama Alat	Kegunaan
1	Timba	Wadah untuk mencuci biosorben jerami padi
2	Gelas beaker	Wadah larutan
3	Gelas ukur	Mengukur larutan yang dibutuhkan
4	Oven	Mengeringkan biosorben jerami padi
5	Gunting	Memotong biosorben dengan ukuran yang diinginkan
6	Stopwatch	Menghitung waktu yang diinginkan
7	Hot plate Stirrers dan <i>Stirre bar (magnetic stirrer)</i>	Menghomogenkan suatu larutan dengan pengadukan
8	Desikator	Menyerap uap air yang ada pada biosorben jerami padi
9	Timbangan digital	Menimbang berat biosorben jerami padi yang digunakan

No.	Nama Alat	Kegunaan
10	Suntikan 100 ml	Mengambil larutan logam berat Cr(VI)
11	pH meter	Mengukur pH suatu larutan
12	Thermometer	Mengukur suhu suatu larutan
13	UV-VIS Spektrofotometer	Mengukur konsentrasi/absorbansi suatu sampel atau bahan

3.2.2 Bahan penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Bahan-bahan penelitian

No.	Nama Bahan	Kegunaan
1	Jerami Padi	Biosorben
2	Air Kran	Mencuci biosorben dari kotoran yang menempel
3	Logam Cr(VI)	Logam berat pencemar
4	NaOH	Aktivasi biosorben/ membersihkan pengotor yang ada dalam biosorben
5	Aquades	Membuat larutan logam berat Cr(VI) dan mencuci biosorben
6	Kertas saring 12.5 mm	Menyaring residu dari larutan

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Metode Eksperimental menurut Nursalam (2008), merupakan suatu rancangan penelitian yang digunakan untuk mencari hubungan sebab akibat dengan adanya keterlibatan penelitian dalam melakukan manipulasi terhadap variable bebas.

Metode eksperimental yang digunakan yaitu dengan melakukan percobaan penggunaan biosorben berupa jerami padi sebagai bahan alam yang kurang dimanfaatkan dalam proses biosorpsi logam berat Cr(VI). Penelitian ini

dilakukan dengan 2 tahapan. Tahapan pertama dilakukan percobaan kinetik adsorpsi untuk menentukan waktu optimum penyerapan logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH yakni dengan mengontakkan biosorben jerami padi dengan larutan logam berat Cr(VI) konsentrasi 200 ppm kemudian diaduk selama periode waktu 5, 30, 60, 120, dan 300 menit serta perlakuan kontrol berupa larutan logam berat Cr(VI) konsentrasi 200 ppm tanpa diberi biosorben jerami padi. Pada tahapan kedua dilakukan percobaan isotherm dan kapasitas adsorpsi untuk mengetahui pola isotherm adsorpsi dan mekanisme penyerapan logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH yakni dengan mengontakkan biosorben jerami padi dengan larutan logam berat Cr(VI) konsentrasi 15, 150, 300, 600, dan 1200 ppm kemudian diaduk selama periode waktu optimum serta perlakuan kontrol berupa larutan logam berat Cr(VI) yang sudah tercampur logam berat tanpa diberi biosorben berupa jerami padi dengan konsentrasi larutan sebesar 15, 150, 300, 600, dan 1200 ppm. Penentuan waktu dan konsentrasi dipilih berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sudiarta dan Sahara (2012) mengenai biosorpsi Cr(III) pada biosorben serat sabut kelapa teraktivasi sodium hidroksida (NaOH).

Tiap-tiap perlakuan dilakukan sebanyak 2 kali ulangan. Alasan dilakukan 2 kali ulangan adalah karena sudah dianggap mewakili data yang diperlukan dalam penelitian tersebut. Menurut Hartanto (2004), ulangan adalah frekuensi dari suatu perlakuan yang diselidiki dalam suatu percobaan. Jumlah ulangan dalam suatu perlakuan tergantung pada derajat ketelitian yang diinginkan oleh peneliti terhadap kesimpulan hasil percobaannya. Ulangan ini berfungsi untuk menghasilkan suatu estimasi tentang galat dan menghasilkan ukuran pengaruh perlakuan-perlakuan yang lebih tepat terhadap hasil percobaan. Dalam Penelitian ini digunakan dua macam data, yaitu data primer dan data sekunder.

3.4 Sumber Data

Sumber data yang diperoleh pada penelitian biosorpsi logam berat Cr(VI) dengan menggunakan jerami padi yang teraktivasi NaOH antara lain:

3.4.1 Data primer

Menurut Surakhmad (1985), data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dengan mengamati langsung terhadap obyek yang diselidiki, baik dalam situasi yang sebenarnya maupun dalam situasi buatan yang khusus diadakan.

Dalam penelitian ini, data primer diperoleh dari pengumpulan data dan mencatat hasil setiap kejadian yang dilakukan selama penelitian berlangsung. Kegiatan yang berlangsung selama penelitian adalah preparasi agen biosorben jerami padi, modifikasi biosorben jerami padi dengan menggunakan NaOH, penentuan waktu kontak optimum biosorpsi ion Cr(VI), isotherm dan kapasitas biosorpsi ion Cr(VI), serta pengukuran pH dan suhu.

3.4.2 Data sekunder

Menurut Surakhmad (1985), data sekunder adalah data yang telah lebih dahulu dikumpulkan dan dilaporkan oleh orang di luar dari penyelidik sendiri, walaupun yang dikumpulkan itu sesungguhnya adalah data asli. Sumber sekunder berisi data dari tangan ke dua atau dari tangan ke sekian, yang bagi penyelidik tidak mungkin berisi data yang seasli sumber data primer.

Data sekunder yang dibutuhkan untuk penelitian ini diperoleh dari skripsi serta jurnal penelitian mengenai perbandingan antara hasil penyerapan logam berat menggunakan jerami padi yang telah diperoleh dengan penyerapan logam berat menggunakan biosorben lain.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian biosorpsi logam berat Cr(VI) dengan menggunakan jerami padi yang teraktivasi NaOH adalah sebagai berikut:

3.5.1 Prosedur pengambilan agen biosorben jerami padi

Biosorben jerami padi diambil dari hasil samping pertanian berupa batang padi yang diambil pasca panen. Jerami padi yang sudah didapatkan kemudian dipisahkan dan dibersihkan dari rumput liar dan sisa-sisa butir padi yang masih menempel.

3.5.2 Metode preparasi agen biosorben jerami padi

Menurut Sudiarta dan Sahara (2011), tahapan dalam preparasi agen biosorben jerami padi adalah sebagai berikut:

- Dicuci jerami padi dengan air sampai bersih dari kotoran
- Dibilas dengan aquades
- Dikeringkan di bawah sinar matahari
- Dipotong jerami padi dengan ukuran 0,5 cm
- Dicuci dengan aquades sampai bersih
- Dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C sampai berat konstan selama 24 jam
- Disimpan dalam desikator untuk mempertahankan agar biosorben tetap dalam keadaan kering

3.5.3 Metode modifikasi agen biosorben jerami padi dengan NaOH

Menurut Sudiarta dan Sahara (2011), tahapan dalam modifikasi agen biosorben jerami padi dengan NaOH adalah sebagai berikut:

- Dimasukkan 10 gram biosorben ke dalam gelas beaker yang berisi 125 ml larutan NaOH 1,2 M
- Diaduk selama 2 jam diatas *hot plate stirrers* dengan bantuan *stirre bar/magnetic stirrer*
- Disaring biosorben dengan menggunakan kertas saring ukuran 12.5 mm.
- Dicuci biosorben dengan aquades sampai pH mendekati netral
- Dikeringkan biosorben dalam oven pada suhu 70 °C selama 24 jam
- Disimpan dalam desikator untuk mempertahankan agar biosorben tetap dalam keadaan kering

3.5.4 Metode pembuatan larutan logam berat Cr(VI)

Menurut Sunardi (2011), prosedur pembuatan larutan logam berat Cr(VI) konsentrasi 1000 ppm adalah sebagai berikut :

- Ditimbang 1,37 gr Cr(VI) yang berupa $K_2Cr_2O_7$ (Lampiran 3)
- Dilarutkan dengan aquades 1 liter dalam gelas beaker

3.5.5 Metode penentuan kinetik/ waktu optimum biosorpsi logam berat Cr(VI)

Menurut Sudiarta dan Sahara (2011), tahapan dalam penentuan waktu optimum biosorpsi logam berat Cr(VI) adalah sebagai berikut:

- Disiapkan larutan logam berat Cr(VI) dengan konsentrasi 200 ppm ke dalam gelas beaker (Perhitungan dapat dilihat pada lampiran 3)
- Diukur larutan logam berat Cr(VI) konsentrasi 200 ppm sebanyak 150 ml dengan menggunakan gelas ukur

- Dimasukkan 2.5 gram biosorben ke dalam gelas beaker yang berisi 150 ml larutan Cr(VI)
- Diaduk diatas *hot plate stirrers* dengan bantuan *stirre bar/ magnetic stirrer*
- Diambil larutan logam berat Cr(VI) dengan menggunakan suntikan 100 ml sebanyak 30 ml secara bertahap pada waktu kontak :
 - ✓ Perlakuan pertama setelah pengadukan selama 5 menit
 - ✓ Perlakuan kedua setelah pengadukan selama 30 menit
 - ✓ Perlakuan ketiga setelah pengadukan selama 60 menit
 - ✓ Perlakuan keempat setelah pengadukan selama 120 menit
 - ✓ Perlakuan kelima setelah pengadukan selama 300 menit
- Disaring menggunakan kertas saring ukuran 12.5 mm agar tidak ada jerami padi yang ikut masuk dalam larutan logam berat Cr(VI)
- Dimasukkan dalam botol sampel
- Larutan Logam berat Cr(VI) dianalisis dengan menggunakan UV-VIS Spektrofotometer
- Perlakuan kontrol (tanpa menggunakan biosorben jerami padi):
 - ✓ Diukur larutan logam berat Cr(VI) konsentrasi 200 ppm sebanyak 30 ml dengan menggunakan gelas ukur.
 - ✓ Dimasukkan larutan logam berat Cr(VI) dalam gelas beaker
 - ✓ Diaduk diatas *hot plate stirrers* dengan bantuan *stirre bar/ magnetic stirrer* selama 60 menit
 - ✓ Diambil larutan logam berat Cr(VI) dengan menggunakan suntikan 100 ml sebanyak 30 ml
 - ✓ Dimasukkan dalam botol sampel
 - ✓ Larutan Logam berat Cr(VI) dianalisis dengan menggunakan UV-VIS Spektrofotometer

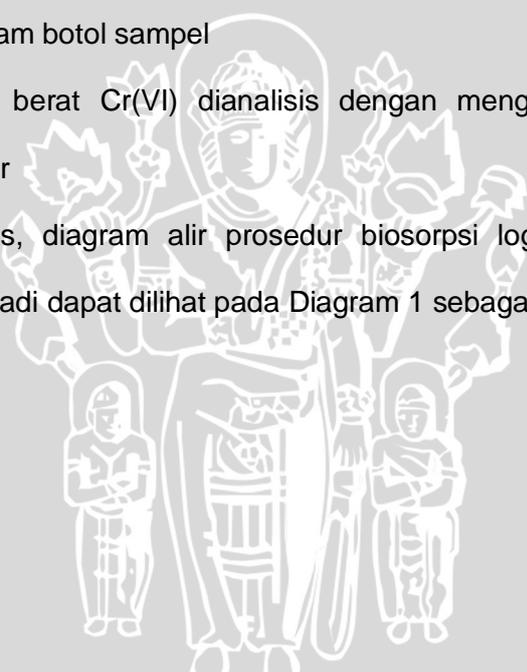
3.5.6 Metode penentuan isotherm dan kapasitas biosorpsi logam berat Cr(VI)

Menurut Sudiarta dan Sahara (2011), tahapan dalam penentuan isotherm dan kapasitas biosorpsi logam berat Cr(VI) adalah sebagai berikut:

- Disiapkan larutan logam berat Cr(VI) dengan konsentrasi yang ditentukan yakni : (Perhitungan dapat dilihat pada lampiran 3)
 - ✓ Perlakuan pertama menggunakan konsentrasi 1200 ppm
 - ✓ Perlakuan kedua menggunakan konsentrasi 600 ppm
 - ✓ Perlakuan ketiga menggunakan konsentrasi 300 ppm
 - ✓ Perlakuan keempat menggunakan konsentrasi 150 ppm
 - ✓ Perlakuan kelima menggunakan konsentrasi 15 ppm
- Diukur larutan logam berat Cr(VI) sesuai konsentrasi yang ditentukan sebanyak 30 ml dengan menggunakan gelas ukur.
- Dimasukkan 0.5 gram biosorben ke dalam 30 ml larutan Cr(VI) dengan konsentrasi yang ditentukan
- Diaduk diatas *hot plate stirrers* dengan bantuan *stirrer bar/ magnetic stirrer* selama waktu optimum
- Diambil larutan logam berat Cr(VI) dengan menggunakan suntikan 100 ml sebanyak 30 ml
- Disaring menggunakan kertas saring ukuran 12.5 mm agar tidak ada jerami padi yang ikut masuk dalam larutan logam berat Cr(VI)
- Dimasukkan dalam botol sampel
- Larutan Logam berat Cr(VI) dianalisis dengan menggunakan UV-VIS Spektrofotometer

- Perlakuan kontrol (tanpa menggunakan biosorben jerami padi):
 - ✓ Diukur larutan logam berat Cr(VI) konsentrasi yang ditentukan yakni : 1200, 600, 300, 150, dan 15 ppm sebanyak 30 ml dengan menggunakan gelas ukur.
 - ✓ Dimasukkan larutan logam berat Cr(VI) dalam gelas beaker
 - ✓ Diaduk diatas *hot plate stirrers* dengan bantuan *stirre bar/ magnetic stirrer* selama waktu optimum
 - ✓ Diambil larutan logam berat Cr(VI) dengan menggunakan suntikan 100 ml sebanyak 30 ml
 - ✓ Dimasukkan dalam botol sampel
 - ✓ Larutan Logam berat Cr(VI) dianalisis dengan menggunakan UV-VIS Spektrofotometer

Secara ringkas, diagram alir prosedur biosorpsi logam berat Cr(VI) menggunakan jerami padi dapat dilihat pada Diagram 1 sebagai berikut :



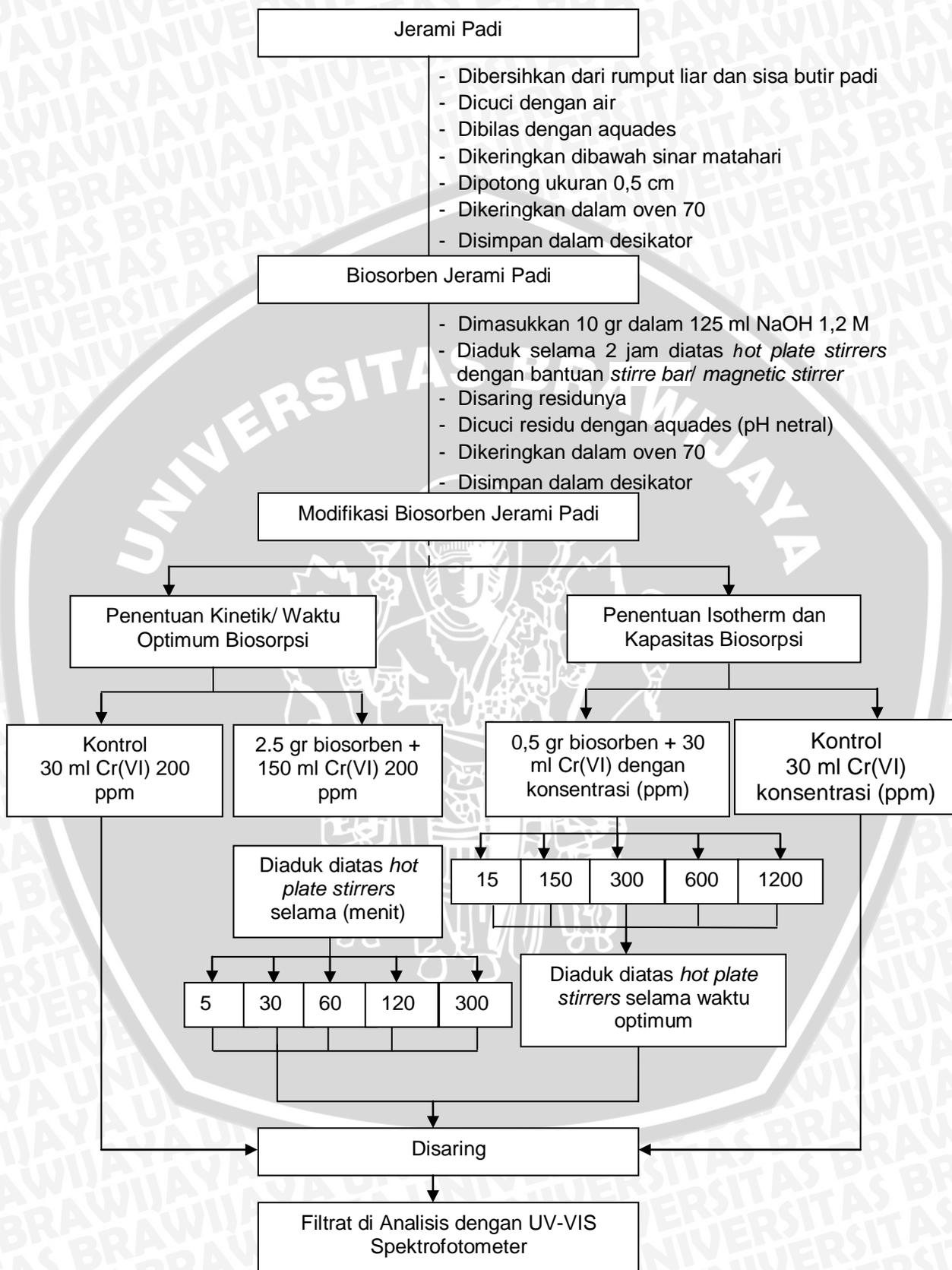


Diagram 1. Prosedur biosorpsi bogam berat Cr(VI) dengan jerami padi

3.5.7 Metode penggunaan UV-VIS Spektrofotometer

Menurut Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (2011), prosedur pengukuran logam berat adalah sebagai berikut:

a. Pembuatan reagen

- Diphenil Carbazid
0,25% Diphenil Carbazid
0,25 gram Diphenil Carbazid dalam 100 ml Aseton : Air (1:1)
- H₂SO₄ 3 M 100 ml
16,6 ml H₂SO₄ $\xrightarrow{\text{aquades}}$ 100 ml
- 100 ppm Cr dari padatan K₂CrO₄ sebanyak 1 L
 $100 \text{ ppm Cr} = \frac{194,20}{52} \times 0,1 = 0,3734 \text{ gram/1L}$
- Pipet 10 ml larutan Cr 100 ppm, masukkan ke dalam labu ukur 100 ml, tambahkan aquades hingga tanda batas. Kocok hingga homogen (larutan ini 10 ppm Cr)

b. Pembuatan kurva standar dari 10 ppm kromium (Cr)

Pipet 0 ml, 1 ml, 3 ml, 5 ml, 7 ml larutan Cr 100 ppm. Masukkan masing-masing larutan ke dalam labu ukur 100 ml. tanda bataskan, kocok hingga homogen (larutan ini mengandung 0. 0,1. 0,3. 0,5. 0,7 ppm kromium (Cr)).

Cara Kerja:

Cara kerja dari pengukuran logam berat adalah sebagai berikut:

a. Kurva kalibrasi

- Ukur masing-masing larutan standart yang telah dibuat dengan UV/VIS Spektrometer pada panjang gelombang 540 nm
- Catat masing-masing absorbansi larutan standart
- Gambar hubungan antara konsentrasi Cr (Sumbu X) dengan Absorbansi (Sumbu Y)

b. Pengukuran larutan sampel, blanko dan standart

- Pipet larutan sampel sebanyak 10 ml kedalam tabung reaksi
- Tambahkan 0,8 ml H_2SO_4 3 M kocok hingga homogen
- Tambahkan larutan Diphenil Carbazid sebanyak 1 ml. Kocok sehingga larutan berwarna merah
- Baca larutan dengan Spectrophotometer UV-VIS pada panjang gelombang 540 nm
- Catat absorbansinya

3.5.8 Pengukuran parameter kualitas air

Prosedur pengukuran parameter kualitas air dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Suhu

Menurut Zwart, *et al.*, (1995), metode pengukuran suhu secara in situ dengan menggunakan thermometer Hg adalah :

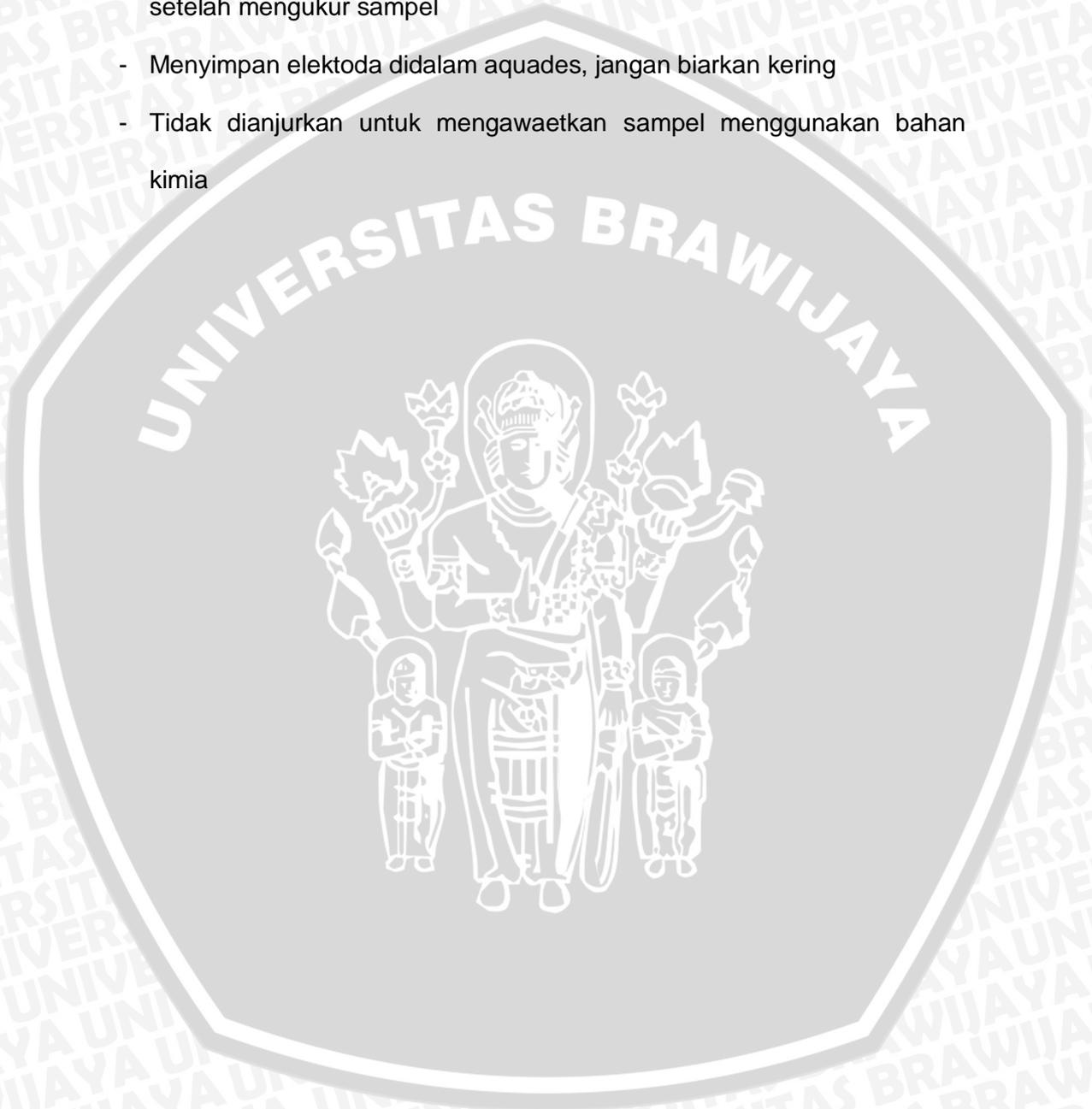
- Memilih sebuah titik/ lokasi untuk pengukuran suhu
- Memasukkan thermometer kedalam perairan selama 60 detik dan pastikan bahwa bagian sensitif dari thermometer (merkuri/sensor) secara keseluruhan masuk air
- Segera membaca hasilnya setelah diangkat dari perairan

b. pH

Menurut Zwart, *et al.*, (1995), metode pengukuran pH dengan menggunakan pH meter adalah :

- Sebelum melakukan pengukuran, bilas elektroda dengan tissue dan dikeringkan dengan menggunakan tissue

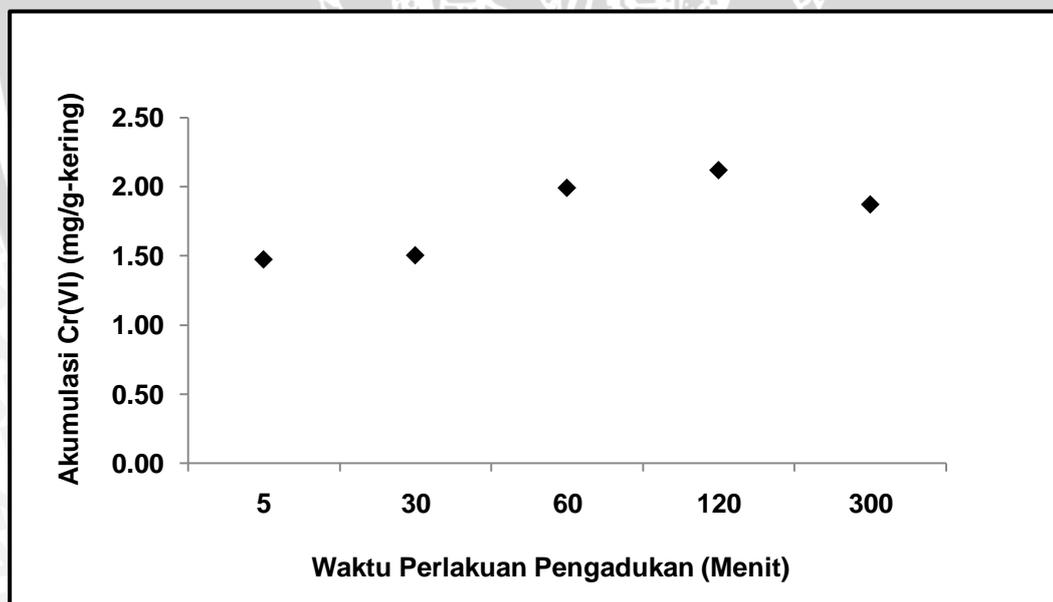
- Mencilupkan elektoda pada air sampel dan membaca hasilnya setelah 30 detik
- Pembacaan nilai pH dilokasi pengambilan sampel/ segera mungkin setelah mengukur sampel
- Menyimpan elektoda didalam aquades, jangan biarkan kering
- Tidak dianjurkan untuk mengawaetkan sampel menggunakan bahan kimia



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Variasi Waktu Kontak

Investigasi biosorpsi logam berat Cr(VI) menggunakan jerami padi yang teraktivasi NaOH dengan variasi waktu kontak bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan biosorben jerami padi dalam menyerap logam berat Cr(VI) secara optimum sampai tercapai titik jenuh dimana biosorben sudah tidak mampu untuk menyerap logam berat. Biosorpsi logam berat ini dilakukan dengan mengontakkan biosorben jerami padi yang teraktivasi NaOH dengan larutan logam berat Cr(VI) konsentrasi 174.1 ppm. Kandungan larutan logam berat Cr(VI) di air kemudian dianalisa dengan UV-VIS Spektrofotometer. Hasil dari biosorpsi logam berat Cr(VI) menggunakan jerami padi yang teraktivasi NaOH dengan variasi waktu kontak dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Penyerapan logam Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH dengan variasi waktu kontak

Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 1. mengindikasikan bahwa bahwa pada waktu 5 – 60 menit jumlah logam berat Cr(VI) yang terserap pada jerami

padi yang teraktivasi NaOH mengalami peningkatan dengan jumlah akumulasi berturut-turut 1.47 mg/g-kering, 1.50 mg/g-kering, dan 1.99 mg/g-kering. Peningkatan jumlah logam berat Cr(VI) yang terserap disebabkan oleh pembukaan tapak aktif yang lebih besar sehingga biosorben lebih banyak mengikat adsorbat. Pada waktu 60 – 300 menit jumlah logam berat Cr(VI) yang terserap cenderung stabil/ sama dengan jumlah akumulasi berturut-turut 1.99 mg/g-kering, 2.12 mg/g-kering, dan 1.87 mg/g-kering, hal ini disebabkan karena biosorben yang berinteraksi dengan adsorbat telah mencapai kesetimbangan, meskipun ada penurunan, hal ini bisa disebabkan oleh jumlah biosorben yang berikatan dengan adsorbat sudah dalam keadaan jenuhnya, sehingga apabila ditambahkan waktu adsorpsi yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya proses desorpsi atau pelepasan kembali antara biosorben dan adsorbat (Fahrizal, 2008).

Berdasarkan hasil pada Gambar 1, waktu kontak optimum adalah 120 menit dimana jerami padi yang teraktivasi NaOH mengadsorpsi logam berat Cr(VI) secara optimum dengan jumlah akumulasi sebesar 2.12 mg/g-kering. Hasil waktu kontak optimum 120 menit kemudian digunakan sebagai acuan untuk penentuan isoterm bisorpsi logam berat Cr(VI).

Dalam penelitian ini, dilakukan pengamatan mengenai suhu dan pH. Suhu dan pH merupakan faktor yang mempengaruhi proses biosorpsi. Suhu yang meningkat menyebabkan energi dan reaktivitas ion semakin besar sehingga lebih banyak ion yang dapat melewati tingkat energi untuk melakukan interaksi secara kimia dengan situs-situs di permukaan. Reaktivitas ion yang semakin besar juga akan meningkatkan difusi ion dalam pori-pori adsorben, sehingga lebih banyak ion yang teradsorpsi pada permukaan. Proses ini akan berlawanan ketika suhu mengalami penurunan (Amri *et al.*, 2004). Kemampuan penyerapan

logam berat juga dapat dipengaruhi oleh pH larutan. Menurut Sudiarta dan Sulihingtyas (2012), pH akan mempengaruhi spesies logam dalam larutan, aktivitas gugus fungsi dalam biomassa dan kompetisi dari ion-ion logam.

Hasil dari pengukuran pH dan suhu pada perlakuan kinetik dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut:

Tabel 3. Hasil pengukuran suhu dan pH

No	Perlakuan	Suhu (°C)			pH		
		I	II	Rata-rata	I	II	Rata-rata
1	5 Menit	27.5	27.9	27.70	11.15	12.19	11.67
2	30 Menit	27.8	28	27.90	11.24	12.28	11.76
3	60 Menit	28	28.6	28.30	10.97	12.05	11.51
4	120 Menit	28	28.6	28.30	10.75	11.67	11.21
5	300 Menit	28.2	28.9	28.55	10.4	11.14	10.77

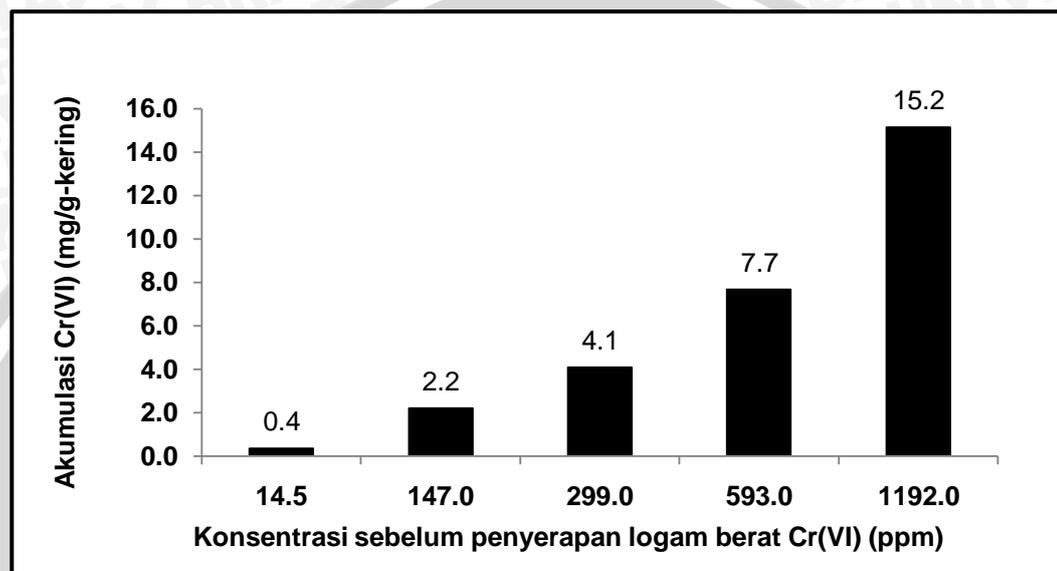
Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa nilai suhu yang diperoleh berkisar antara 27 °C – 29 °C, sedangkan nilai pH yang diperoleh berkisar antara 10 – 12. Hasil suhu dan pH yang diperoleh relatif sama dari berbagai variasi waktu. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa suhu dan pH yang didapatkan dari penelitian ini tidak terlalu berpengaruh terhadap proses penyerapan logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH dimana jumlah akumulasi logam berat dari awal sampai akhir pengamatan nilainya cenderung relatif stabil.

4.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Sebelum Penyerapan terhadap Biosorpsi

Biosorpsi logam berat Cr(VI) menggunakan jerami padi teraktivasi NaOH dengan variasi konsentrasi sebelum penyerapan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui konsentrasi yang dibutuhkan biosorben jerami padi dalam menyerap ion logam Cr(VI) secara optimum sampai tercapai titik jenuh. Biosorpsi logam berat ini dilakukan dengan mengontakkan biosorben jerami padi yang teraktivasi NaOH dengan larutan logam berat Cr(VI) pada konsentrasi 14.5, 147, 299, 593

dan 1192 ppm selama waktu optimum yaitu 120 menit. Kandungan larutan logam berat Cr(VI) di air kemudian dianalisa dengan UV-VIS Spektrofotometer. Hasil dari biosorpsi logam berat Cr(VI) menggunakan jerami padi yang teraktivasi NaOH dengan variasi konsentrasi sebelum penyerapan dapat dilihat pada

Gambar 2.



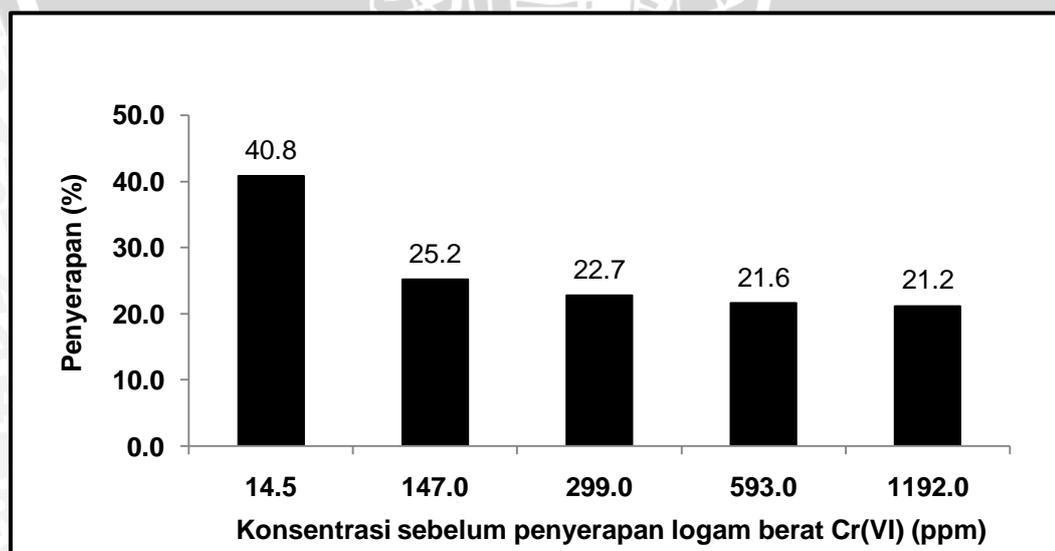
Gambar 2. Penyerapan logam Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH pada konsentrasi sebelum penyerapan yang berbeda

Berdasarkan Gambar 2. menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi sebelum penyerapan maka jumlah logam berat Cr(VI) yang terserap oleh biosorben jerami padi yang teraktivasi NaOH juga semakin bertambah dengan jumlah akumulasi berturut-turut sebesar 0.4 mg/g-kering, 2.2 mg/g-kering, 4.1 mg/g-kering, 7.7 mg/g-kering, dan 15.2 mg/g-kering. Konsentrasi ion logam sangat erat hubungannya dengan jumlah situs aktif yang terdapat pada permukaan biosorben yang mampu mengikat logam tersebut. Apabila jumlah situs aktif cukup besar dibandingkan jumlah ion logam maka kapasitas penyerapan akan tinggi, namun pada kondisi tertentu kapasitas penyerapan akan konstan bahkan terjadi penurunan karena telah terjadi kejenuhan pada biosorben (Ramadhan dan Handajani, 2010).

Dari hasil penelitian biosorpsi logam berat Cr(VI) menggunakan jerami padi yang teraktivasi NaOH dengan variasi konsentrasi sebelum penyerapan diketahui bahwa penyerapan logam berat oleh biosorben semakin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi. Penyerapan logam berat Cr(VI) tertinggi diperoleh pada konsentrasi 1192 ppm dengan jumlah logam berat Cr(VI) yang terserap sebesar 15.2 mg/g-kering. Hasil dari penyerapan logam berat tersebut kemudian digunakan untuk menentukan efektivitas penyerapan logam berat oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH.

4.3 Efektivitas Penyerapan Logam Berat Cr(VI) oleh Biosorben

Efektivitas penyerapan logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui prosentase jumlah logam berat yang terserap dalam biosorben secara optimum. Efektivitas penyerapan logam berat ini diperoleh dari prosentase hasil bagi antara jumlah penyerapan dengan konsentrasi sebelum penyerapan logam berat Cr(VI). Hasil dari efektivitas penyerapan logam berat Cr(VI) oleh biosorben jerami padi dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Grafik efektivitas penyerapan logam Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH

Berdasarkan Gambar 3. menunjukkan bahwa efektivitas penyerapan logam berat Cr(VI) oleh jerami padi mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya konsentrasi larutan dengan prosentase penyerapan berturut-turut sebesar 40.8%, 25.2%, 22.7%, 21.6%, dan 21.2%. Prosentase adsorpsi Cr(VI) tertinggi didapatkan dengan nilai 40.8% pada konsentrasi 14.5 ppm. Pola adsorpsi ini memperlihatkan afinitas yang relatif tinggi antara ion logam Cr(VI) dengan adsorben pada tahap awal konsentrasi. Kemudian afinitas tersebut menjadi relatif rendah ketika berinteraksi dengan konsentrasi Cr(VI) yang lebih pekat (Aji dan Kurniawan, 2012).

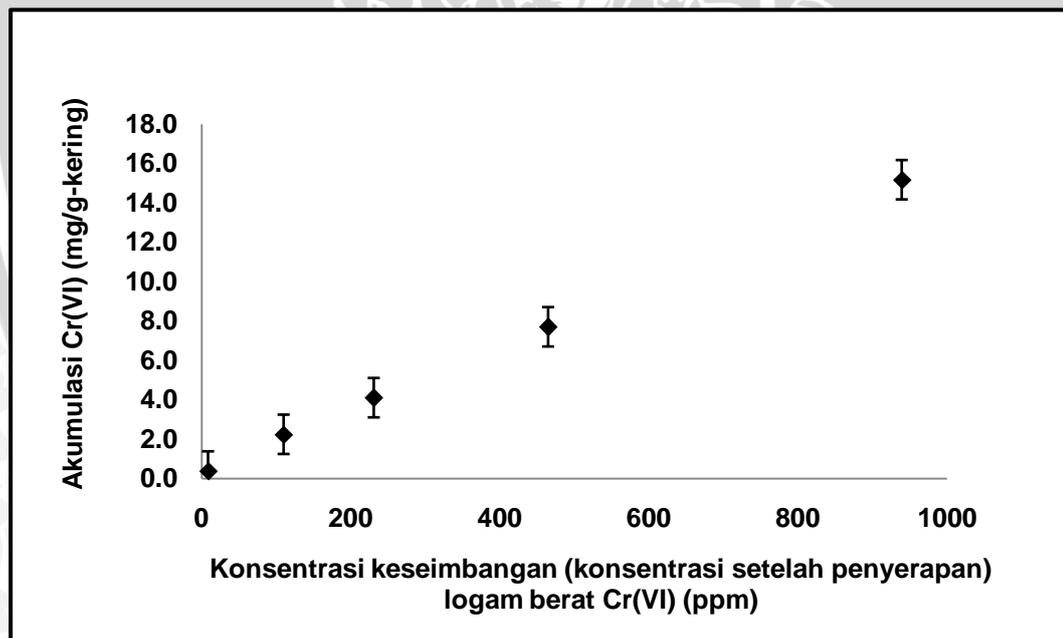
Penurunan efektivitas penyerapan logam berat Cr(VI) oleh jerami padi disebabkan karena pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah logam berat Cr(VI) dalam larutan tidak sebanding dengan biosorben jerami padi yang tersedia sehingga permukaan jerami padi akan mencapai titik jenuh dan efisiensi penyerapan pun menjadi menurun (Rafilda, *et al.* 2001 dalam Nurhasni, *et al.* 2014). Pernyataan tersebut sesuai dengan teori Langmuir yang menjelaskan bahwa pada permukaan adsorben terdapat situs aktif yang jumlahnya sebanding terhadap luas permukaan adsorben, sehingga apabila situs aktif pada permukaan dinding sel adsorben telah jenuh oleh ion logam, maka penambahan konsentrasi tidak lagi dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dari adsorben tersebut. Oleh sebab itu, pada konsentrasi lebih dari 14.5 ppm, adsorpsi logam berat Cr(VI) oleh jerami padi mengalami penurunan (Sembiring *et al.*, 2008).

Dari hasil penelitian biosorpsi logam berat Cr(VI) menggunakan jerami padi yang teraktivasi NaOH diperoleh efektivitas penyerapan tertinggi adalah 14.5 ppm dengan prosentase logam berat Cr(VI) yang terserap sebesar 40.8%. Tingginya konsentrasi dalam penyerapan logam berat berbanding terbalik

dengan efektivitas penyerapan logam berat. Semakin tinggi konsentrasi larutan maka semakin rendah efektivitas penyerapan logam berat.

4.4 Adsorpsi Isotherm Logam Berat Cr(VI)

Penentuan Adsorpsi isotherm ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ion logam Cr(VI) yang direaksikan terhadap jumlah ion logam yang diserap oleh biosorben jerami padi yang teraktivasi NaOH pada temperatur kamar dan memprediksi karakteristik penyerapannya. Adsorpsi isotherm ini diperoleh dengan membuat grafik konsentrasi keseimbangan (konsentrasi setelah penyerapan) yang diperoleh dari hasil konsentrasi terukur terhadap akumulasi logam berat yang terserap. Hasil pengukuran adsorpsi isotherm logam berat Cr(VI) oleh jerami padi dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Grafik adsorpsi isotherm logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH

Berdasarkan Gambar 4. menunjukkan bahwa terjadi peningkatan adsorpsi seiring dengan meningkatnya konsentrasi keseimbangan (konsentrasi setelah penyerapan) pada tahap awal. Ada beberapa macam adsorpsi isotherm, namun

untuk adsorpsi zat terlarut dalam suatu larutan umumnya menggunakan adsorpsi isoterm Langmuir. Alasan pemilihan model adsorpsi isoterm Langmuir karena proses adsorpsi sangat mungkin hanya terjadi di satu lapisan saja (*monolayer*), sehingga perlu dilakukan pengujian untuk melihat apakah adsorpsi pada jerami padi yang teraktivasi NaOH sesuai dengan model adsorpsi isoterm Langmuir. Pada adsorpsi isotherm Langmuir, permukaan adsorben terdapat sejumlah situs aktif yang sesuai dengan luas permukaan penyerapan, sehingga dengan memperbesar konsentrasi logam berat sementara berat adsorben tetap, maka adsorpsi logam berat akan meningkat secara linear sampai konsentrasi tertentu, kemudian akan mengalami kesetimbangan dan menurun karena telah mengalami kejenuhan (Oscik, 1982 dalam Zaharah, et al. 2015).

Karakteristik adsorpsi Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH, dihitung dengan menggunakan pendekatan Langmuir dimana hasil pada adsorpsi isotherm (**Gambar 4**) diterapkan ke persamaan isotherm adsorpsi Langmuir (**Gambar 5**). Persamaan Langmuir menurut Tsuchiya, et al. (2012) adalah sebagai berikut:

$$\frac{C}{N} = \frac{1}{N_{max} \times b} + \frac{C}{N_{max}}$$

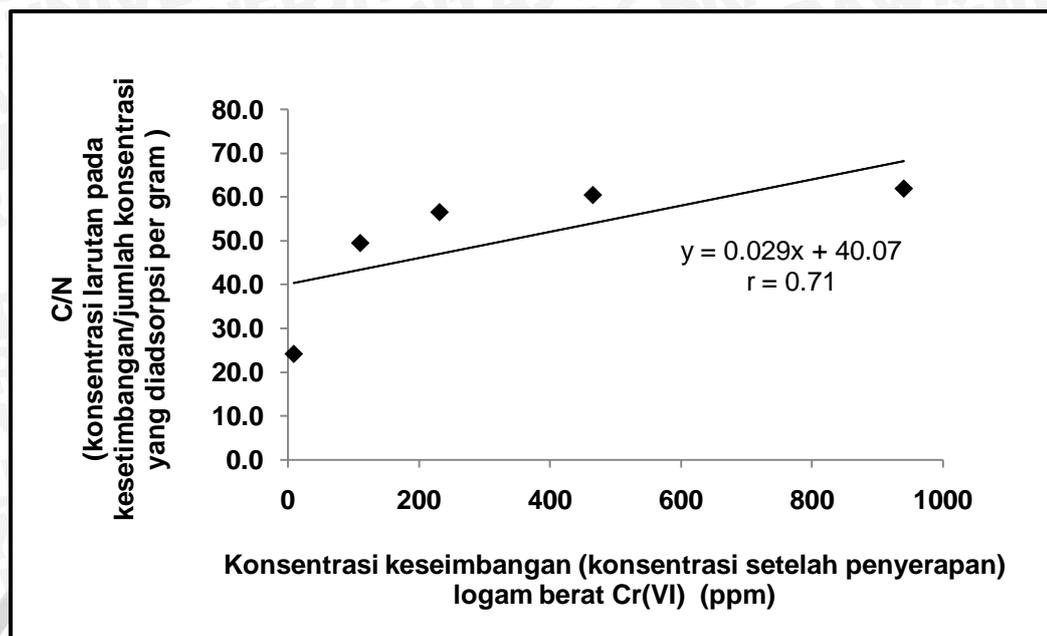
Keterangan:

C = konsentrasi larutan pada kesetimbangan (mM)

N = jumlah konsentrasi yang diadsorpsi per gram (mmol/g)

N_{max} = kapasitas adsorpsi maksimal

b = intensitas adsorpsi



Gambar 5. Adsorpsi isoterm Langmuir logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH

Gambar 5. menunjukkan model grafik adsorpsi isotherm Langmuir untuk penyerapan logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH. Berdasarkan perhitungan model adsorpsi isotherm Langmuir yang dilakukan, diperoleh nilai perkiraan N_{max} yang merupakan jumlah adsorpsi maksimum logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH sebesar 34.48 mg/g-kering. Menurut Kurniawan *et al.* (2013), pemplotan nilai C/N sebagai sumbu y dan konsentrasi keseimbangan logam berat Cr(VI) (c) sebagai sumbu x akan menghasilkan garis lurus dengan *slope* menunjukkan $1/N_{max}$ dan *intercept* sumbu y sebagai $1/(N_{max}) b$, sehingga nilai N_{max} dapat dihitung.

Pengujian korelasi dilakukan menggunakan regresi linear sederhana pada Ms.Excel. Hasil perhitungan regresi (Lampiran 2) menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0.71 atau mendekati 1, sehingga dapat dikatakan bahwa data-data yang diperoleh dari penelitian ini sesuai dengan model kesetimbangan adsorpsi Langmuir. Hal ini sesuai dengan pendapat Algifari (2000) yang menginterpretasikan koefisien korelasi menjadi 7 kelompok. Jika $r = 0$ artinya

tidak berkorelasi; $r = 0,01-0,2$ artinya korelasi sangat rendah; $r = 0,21-0,4$ artinya korelasi rendah, $r = 0,41-0,6$ artinya korelasi agak rendah; $r = 0,61-0,80$ artinya korelasi cukup; $r = 0,81-0,99$ artinya korelasi tinggi; dan $r = 1$ artinya korelasi tinggi. Isoterm Langmuir mengasumsikan bahwa satu adsorbat mengikat satu bagian pada adsorben dan seluruh permukaan pada adsorben mempunyai afinitas yang sama terhadap adsorbat. Pada isoterm Langmuir, adsorpsi terbatas pada lapisan tunggal (*monolayer*) dari molekul-molekul terlarut adsorbat tidak bebas berpindah ke permukaan (Sawyer, 2003 dalam Aji dan Kurniawan, 2012).

4.5 Karakteristik Biosorpsi Logam Berat Cr(VI) oleh Jerami Padi yang Teraktivasi NaOH

Berdasarkan hasil penelitian diduga bahwa mekanisme penyerapan logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH adalah penyerapan melalui pengikatan pasif (*passive uptake*). Pengikatan pasif terjadi pada biomaterial yang telah mati. Pada pengikatan pasif (*passive uptake*) dapat dilakukan cara pertukaran ion dimana ion monovalen dan divalent seperti Na^+ , Mg^+ , dan Ca^+ pada dinding sel akan digantikan oleh ion-ion logam berat, sehingga ion-ion yang ada pada dinding sel jerami padi yang teraktivasi NaOH digantikan oleh ion logam berat Cr(VI) (Dyah dan Erwan, 2013). Menurut Suksabye *et al.*, 2007 mengatakan bahwa mekanisme pengikatan logam berat oleh adsorben juga dapat terjadi melalui ikatan elektrostatis dimana terjadi interaksi tarik menarik muatan yang berlawanan antara adsorben dengan adsorbat, sehingga muatan positif (+) yang ada jerami padi berinteraksi dengan muatan (-) yang ada pada logam berat Cr(VI).

Proses penyerapan logam berat Cr(VI) oleh jerami yang teraktivasi NaOH terjadi melalui mekanisme kimia dan fisika. Penyerapan kimia terjadi karena jerami padi mengandung komponen selulosa, dimana proses penyerapannya

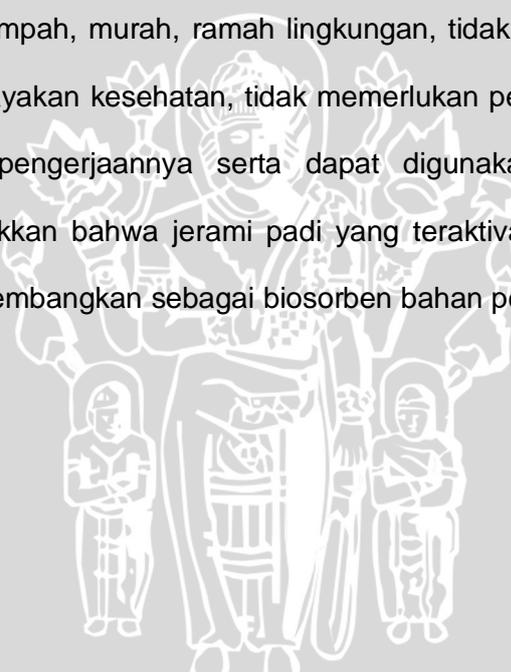
adalah dengan terjadi pertukaran ion antara ion hidrogen dari gugus $-OH$ selulosa dengan logam berat $Cr(VI)$. Penyerapan fisika terjadi karena jerami padi mengandung selulosa, dimana selulosa tersusun atas rantai-rantai panjang sejajar yang terikat satu sama lain oleh ikatan hidrogen sehingga membentuk struktur anyaman yang disebut *fibril*. Struktur *fibril* dalam jerami ini yang mempermudah logam berat untuk terserap dalam anyaman tersebut (Dewi, 2012).

Jerami padi merupakan salah satu adsorben yang efektif untuk penyerapan logam berat dibandingkan dengan adsorben yang lain. Kebanyakan adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi adalah alumina, karbonaktif, silika gel, dan zeolit. Adsorben tersebut mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik tetapi tidak ekonomis karena harga bahan baku yang lebih mahal. Dewasa ini sedang digalakkan penelitian mengenai penggunaan adsorben alternatif yang berasal dari alam, dimana selain memiliki kemampuan adsorpsi yang baik juga bersifat lebih ekonomis karena bahan baku yang murah dan mudah didapatkan karena keberadaannya yang sangat melimpah di alam (Jalali *et al.*, 2002).

Penggunaan jerami padi sebagai adsorben juga lebih efektif jika dibandingkan dengan adsorben kulit singkong, dimana menurut penelitian Harsrianti (2012), penyerapan logam berat $Cd(II)$ dan $Cr(VI)$ oleh kulit singkong mampu menyerap logam berat secara berturut-turut sebesar 0.68 mg/g-kering dan 0.7 mg/g-kering pada waktu kontak 1 jam. Hasil tersebut masih lebih kecil dibandingkan dengan penyerapan logam berat $Cr(VI)$ dengan jerami padi yang teraktivasi $NaOH$ dengan jumlah akumulasi logam berat sebesar 1.99 mg/g-kering dalam waktu kontak 1 jam. Efektivitas penyerapan logam berat $Cr(VI)$ oleh jerami padi yang teraktivasi $NaOH$ juga lebih besar dengan nilai efektivitas 40.8% pada konsentrasi 15 ppm jika dibandingkan dengan penelitian Aji dan Kurniawan

(2012), yang menyatakan bahwa efektivitas penyerapan logam berat Cr(VI) dengan menggunakan biji salak memiliki nilai efektivitas 37,7% pada konsentrasi yang sama.

Logam berat merupakan salah satu sumber utama pencemaran lingkungan, khususnya lingkungan perairan. Dari berbagai proses pengolahan limbah logam berat, penggunaan jerami padi sebagai biosorben dapat menjadi alternatif dalam pengolahan logam berat. Jerami padi memiliki kemampuan menyerap logam berat yang lebih besar bahkan sama jika dibandingkan dengan adsorben yang lain. Keuntungan dalam pemakaian biosorben jerami padi adalah bahan baku yang melimpah, murah, ramah lingkungan, tidak menimbulkan efek samping yang membahayakan kesehatan, tidak memerlukan peralatan yang rumit dan mahal, mudah pengerjaannya serta dapat digunakan kembali. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jerami padi yang teraktivasi NaOH memiliki kemampuan untuk dikembangkan sebagai biosorben bahan pencemar air seperti logam berat Cr(VI).



5. KESIMPULAN DAN SARAN

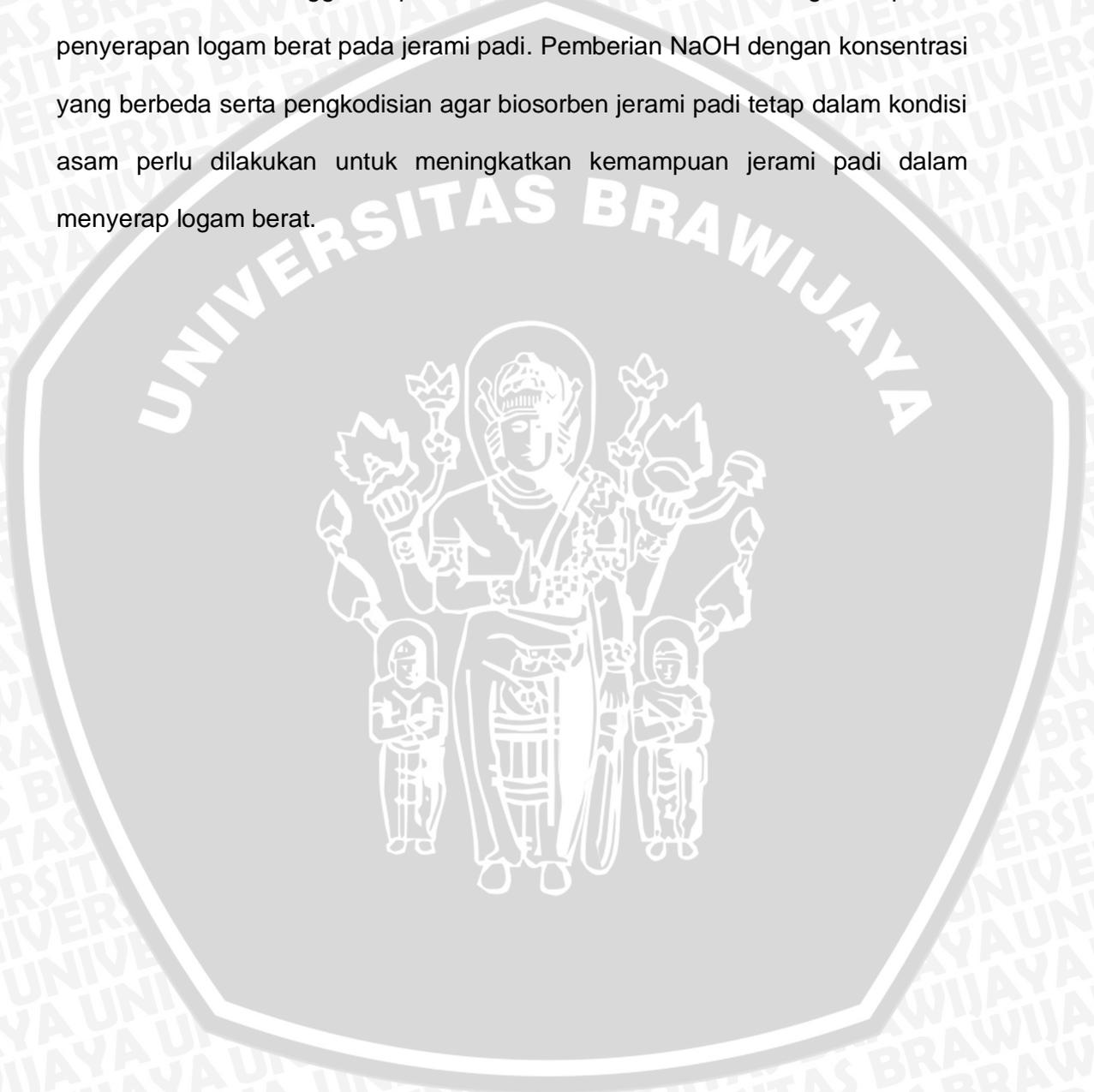
5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- ✓ Berdasarkan variasi waktu kontak, pada waktu 5, 30, dan 60 menit jumlah logam berat Cr(VI) yang terserap jerami padi yang teraktivasi NaOH mengalami peningkatan, kemudian cenderung stabil/ sama pada waktu 60, 120, dan 300 menit, dengan waktu kontak optimum adalah 120 menit dengan akumulasi 2.12 mg/g-kering. Berdasarkan perbandingan variasi konsentrasi, pengaruh konsentrasi awal nilainya terus meningkat dengan semakin bertambahnya konsentrasi dengan nilai akumulasi tertinggi sebesar 15.2 mg/g-kering pada konsentrasi 1192 ppm. Hasil tersebut berbanding terbalik dengan efektivitas penyerapan logam berat, dimana konsentrasi 15 ppm memiliki efektivitas lebih tinggi sebesar 40.8% jika dibandingkan dengan konsentrasi yang lain.
- ✓ Pola adsorpsi isoterm logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH mendekati pola isoterm Langmuir yang mengasumsikan biosorpsi terbatas pada lapisan tunggal (*monolayer*).
- ✓ Mekanisme penyerapan logam berat Cr(VI) oleh jerami padi yang teraktivasi NaOH diketahui melalui mekanisme pengikatan pasif (*passive uptake*) dimana dapat dilakukan dengan cara,
 1. Pertukaran ion dimana ion pada dinding sel jerami padi yang teraktivasi NaOH akan digantikan oleh ion-ion logam berat Cr(VI).
 2. Ikatan elektrostatis dimana muatan positif yang ada pada jerami padi yang teraktivasi NaOH berinteraksi dengan muatan negatif yang ada dalam logam berat Cr(VI).

5.2 Saran

Saran yang berikan penulis ini adalah perlu penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan biosorpsi jerami padi dalam menyerap logam berat Cr(VI) dilevel seluler sehingga dapat diketahui secara detail mengenai proses penyerapan logam berat pada jerami padi. Pemberian NaOH dengan konsentrasi yang berbeda serta pengkodisian agar biosorben jerami padi tetap dalam kondisi asam perlu dilakukan untuk meningkatkan kemampuan jerami padi dalam menyerap logam berat.



DAFTAR PUSTAKA

- Aji, B. K. dan Kurniawan, F. 2012. Pemanfaatan Serbuk Biji Salak (*Salacca zalacca*) sebagai Adsorben Cr(VI) dengan Metode Batch dan Kolom. *Jurnal Sains Pomits*. 1(1): 1 – 6.
- Alamsyah, Zulfikar. 2007. Biosorpsi Biru Metilena oleh Kulit Buah Kakao. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Algifari. 2000. Analisis Regresi Edisi 2. BPFE-Yogyakarta. Yogyakarta. Hal 45-48. Jakarta
- Amri, A., Supranto, dan Fahrurozi. 2004. Kesetimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd(II) dan Cr(III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-merkaptobenzotiazol. *Natur Indonesia*. 6(2): 111 – 117.
- Apriliani, Ade. 2010. Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, dan Pb dalam Air Limbah. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Aravindhan, R., Madhan, B., Bao, J.R., Nair, B.U., and Ramasami, T., 2004, Bioaccumulation of Chromium from Tannery Wastewater : An Approach for Chrome Recovery and Reuse, *Environ. Sci. Technol.* 38: 300 – 306.
- ASDTR. 2000. Case Studies in Environmental Medicine Chromium Toxicity Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Departement of Health and Human Services. www. Atsdr.cds.gov.
- Asmadi, E. S. dan W. Oktiawan. 2009. Pengurangan Chrom (Cr) dalam Limbah Cair Industri Kulit Pada Proses Tannery menggunakan Senyawa Alkali $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH dan NaHCO_3 (Studi Kasus PT. Trimulyo Kencana Mas Semarang). *JAI*. 5(1): 41–54.
- Cervantes, C., Compos-Garcia, J., Silvia, D., Corona, F. G., Tavera, H. L., Gusman, J., and Sanchez, R. M., 2001, Interaction of Chromium with Microorganisms and Plant, *FEMS Microbiology Reviews*, 25: 335 – 347.
- Danarto, YC. 2007. Kenetika Adsorpsi Logam Berat Cr(VI) dengan Adsorben Pasir yang dilapisi Besi Oksida. *Ekuilbrium*. 6(2): 65 – 70.
- Dewi, R. 2012. Penyisihan Kadmium dalam Air dengan Menggunakan Adsorben Batang Jerami. *Jurnal Teknologi*.
- Diantariani, N.P., I.W. Sudiarta, dan N.K. Elantiani. 2008. Proses Biosorpsi dan Desorpsi Ion Cr(VI) pada Biosorben Rumput Laut *Euचेuma spinosum*. *Jurnal Kimia*. 2(1): 45 – 52.
- Dyah, Nana S dan Erwan Edy S. 2013. Optimalisasi Konsentrasi Phanaerochaete crysosporium pada Biosorpsi ion Logam Pb dalam

- Limbah Cair Elektroplating. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 2(2): 1 – 10.
- Erni Mohamad. 2011. Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Tanah dengan Menggunakan Bayam Duri (*Amaranthus spinosus L.*). Laporan Penelitian Pengembangan Iptek Dana PNPB Tahun Anggaran 2012. Universitas Negeri Gorontalo.
- Eun, J.S., Beauchemin, K.A., Hong, S.H., and Bauer, M.W. 2006. Exogenous Enzymes Added to Untreated or Ammoniated Rice Straw: Effect on in Vitro Fermentation Characteristic and Degradability. *J. Anim. Sci and Tech*. 131: 86 – 101.
- Fahrizal. 2008. Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Biosorben Zat Warna Biru Metilena. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Gadd, G. M. 2008. Biosorption: Critical Review of Scientific Rationale, Environmental Importance and Significance for Pollution Treatment. *J Chem Technol Biotechnol*. 84: 13–28.
- Gubernur Jawa Timur. 2013. Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72. Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan Atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Igwe, J. C. dan Abia. A. A. 2006. A Bioseparation Process for Removing Heavy Metals From Waste Water Using Biosorbents. *African Journal of Biotechnology*. 5(12): 1167–1179.
- Jalali, R., Ghafurian, H., Davarpanah, S.J., and Sepehr, S., 2002, Removal and Recovery of Lead Using Non Living Biomass of Marine Algae, *Journal of Hazardous Material B92*. 253 – 262.
- Kargi, F and Cikla S. 2006. Biosorption of Zinc(II) Ions onto Powdered Waste Sludge (PWS) : Kinetics and Isotherms. *Enzyme and Mikrobial. Technol*. 38: 705 – 710.
- Kurniawan, A dan T. Yamamoto. 2013. Biofilm Polymer For Biosorption of Pollutant Ions. *Procedia Environmental Sciences*. 17 : 179 – 187.
- Laboratorium Farmakologi Fakultas Kedokteran. 2011. Intruksi Kerja Penggunaan AAS (Atomic Absorption Spektrometer) PERKIN ELMER 3100. Universitas Brawijaya. Malang.
- Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Nurhasni , Hendrawati, dan Nubzah Saniyyah. 2014. Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah. *Valensi*. 4(1): 36 – 44.

- Nursalam. 2008. Konsep dan Penerapan Metode Penelitian Ilmu Keperawatan. Salemba Medika : Jakarta.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. PT Rineka Cipta: Jakarta
- Ramadhan, Bayu dan Marisa Handajani. 2010. Biosorpsi Logam Berat Cr(VI) dengan Menggunakan Biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB. Bandung
- Raya, I., Narsito, dan B. Rudiarmo. 2001. Kinetika Biosorpsi Ion Logam Aluminium(III) dan Cr(III) oleh Biomassa *Chaetoceros calcitrans* yang Terimobilkan pada Silika Gel. *Indonesian Journal of Chemistry*. 1 (1): 1 – 6.
- Retnowati. 2005. Efektivitas Ampas Tebu sebagai Adsorben Alternatif Limbah Cair Industri Tekstil. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Safrianti, I., Wahyuni, N., dan Zaharah, T.A. 2012. Adsorpsi Timbal (II) oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH dan Waktu Kontak. *JKK*. 1(1): 1 – 7.
- Sembiring, Zipora., Suharso., Regina., Faradila Marta dan Murniyarti. 2008. Studi Proses Adsorpsi-Desorpsi Ion Logam Pb(II), Cu(II), dan Cd(II) Terhadap Pengaruh Waktu dan Konsentrasi pada Biomassa "Nannochloropsis, sp" yang Terenkapsulasi Aqua-Gel Silika dengan Metode Kontinyu. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Shukhla, A., Y. H. Zhang., P. Dubey., J. L. Margravw., and S. Shukla. 2002. The Role of sawdust in the Removal of Unwanted Materials From Water. *J of hazardous Materials* 95: 137–157.
- Singha, B. dan Kumar, S. 2012. Removal of Pb (II) from Aqueous Solution and Industrial effluent using Natural Biosorbents. *Environ Sci Pollut Rcs*. 19: 2212 – 2226.
- Sudiarta, I. W., dan D. A. Yulihastuti. 2010. Biosorpsi Cr(VI) pada Serat Sabut Kelapa Hijau (*Cocos nucifera*). *Jurnal Kimia*. 4(2): 158–166.
- Sudiarta, I. W., E. Sahara. 2011. Biosorpsi Cr(III) pada Biosorben Serat Sabut Kelapa Teraktivasi Sodium hidroksida (NaOH). *Jurnal Kimia*. 5(2): 133–142.
- Sudiarta, I.W. dan Sulihingtyas, W.D. 2012. Biosorpsi Cr (III) pada Biosorben Serat Sabut Kelapa Hijau Termobilisasi EDTA. *Jurnal Kimia*. 6(1): 29 – 36.
- Suksabye, P., P. Thiravetyan., W. Nakbanpote., S. Chayabutra. 2007. Chromium Removal From Electroplating Wastewater by Coir Pith. *Journal of Hazardous Materials* 141: 637-644

- Sulistiyawati, S. 2008. Modifikasi Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Berat Pb(II). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sunardi. 2011. Penurunan Kadar Krom(VI) dengan *Sargassum* sp, *Saccharomyces cerevisiae* dan Kombinasinya pada Limbah Cair Industri Batik. Jurnal EKOSAINS 3(1): 55-62
- Suprayogi, D. 2009. Adsorpsi dan Desorpsi Kromium(VI) pada Zeolit Alam Asal Lampung Termodifikasi Heksadesiltrimetilamonium Bromida. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Surakhmad, W . 1985. Pengantar Penelitian Ilmiah – Dasar Metode Teknik. Tarsito. Bandung.
- Tempo. 2014. Dua Pabrik Kulit di Malang Mencari Lingkungan. <http://nasional.tempo.co/read/news/2014/02/24/206548031/dua-pabrik-kulit-di-malang-mencemari-lingkungan>. Diakses pada tanggal 27 Juni 2015 Pukul 11.20 WIB.
- Tsuchiya, Y. M., A. Ikenaga., A. Kurniawan., T. Hiraki., R. Arakawa., Kusakabe., and H. Morisaki. 2012. Nutrient rich Microhabitats within Biofilms are Synchronized with the External Environment. *Ritsumeikan University*. 24 (1): 43-51.
- Veera, M. B., Krishnah, A., Jonathan, L. T., and Edgar, D. S. 2003, Removal of Hexavalent Chromium from Wastewater Using a New Composite Chitosan Biosorben, *Environ, Sci. Technol.*, 37: 4449 – 4456.
- Wannapeera, J., Nakorn W., and Suneerat P. 2008. Product Yields and Characteristics of Rice Husk, Rice Straw and Corncob during Fast Pyrolysis in a Drop-tube/Fixed-bed Reactor. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 30(3): 393 – 404.
- Wardiyati, Siti dan Lubis, Wildan Zakiah. 2002. Pemanfaatan Jerami untuk Penyerapan Logam Berat Timbal (Pb). Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan. ISSN 1411-2213. 281 – 285.
- Wirawan, T. 2011. Adsorpsi Krom (Cr) Oleh Arang Aktif Termodifikasi Dari Tempurung Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.). *Mulawarman Scientifie* 10(1): 1-10
- Zaharah, Titin, Anis Shofiyani, dan Endah Sayekti. 2015. Karakteristik Biomassa *Chlorella* sp Terimobilisasi Pada Kitosan Untuk Adsorpsi Kromium(III) dalam Larutan. *Alchemy jurnal*. 11(1) : 15-28.
- Zwart, D.de., R.C Trivedi., and H.A.M de Krutfj. 1995. Manual of Intregated Water Quality Evaluation RIUVM: Natherland.

Lampiran 1. Data perhitungan kinetik dan isoterm adsorpsi

A. Kinetik Adsorpsi

Waktu Kontak (Menit)	Kontrol (ppm)	Konsentrasi Terukur (ppm)		Rata-rata (ppm)	Penyerapan (mg/L)	Volume (L)	Jumlah akumulasi (mg)	Berat Adsorbat (gr)	Akumulasi/gram (mg/g)	Standart Deviasi
		Ulangan 1	Ulangan 2							
5	174.1	150.6	148.5	149.5	24.6	0.30	7.37	5	1.47	1.46
30	174.1	147.5	145.0	146.3	27.9	0.27	7.52	5	1.50	1.74
60	174.1	131.6	133.7	132.6	41.5	0.24	9.95	5	1.99	1.46
120	174.1	124.4	122.9	123.7	50.4	0.21	10.59	5	2.12	1.09
300	174.1	122.9	121.4	122.1	52.0	0.18	9.35	5	1.87	1.09

B. Isoterm Adsorpsi

Konsentrasi (ppm)	Kontrol (ppm)	Konsentrasi (ppm)		Rata-rata (ppm)	Penyerapan (mg/L)	Efektivitas Penyerapan (%)	Volume(L)	Jumlah akumulasi (mg)	Berat Adsorbat (gr)	Akumulasi/gram (mg/g)	C/N	Standart Deviasi
		UI 1	UI 2									
15	14.5	8.91	8.30	8.61	5.9	40.8	0.06	0.4	1	0.4	24.2	0.431
150	147	115	105	110	37.0	25.2	0.06	2.2	1	2.2	49.5	7.071
300	299	230	232	231	68.0	22.7	0.06	4.1	1	4.1	56.6	1.41
600	593	474	456	465	128	21.6	0.06	7.7	1	7.7	60.5	12.73
1200	1192	938	941	940	253	21.2	0.06	15.2	1	15.2	62.0	2.12

Lampiran 2. Perhitungan Regresi

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.713791977
R Square	0.509498986
Adjusted R Square	0.345998649
Standard Error	12.56322339
Observations	5

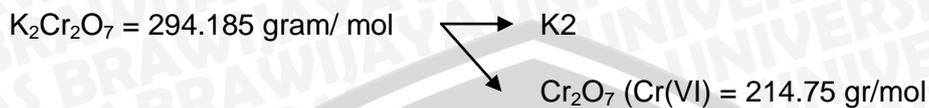
ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	491.8433841	491.8434	3.1161953	0.175699955
Residual	3	473.5037455	157.8346		
Total	4	965.3471296			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	40.07821311	8.18215336	4.898248	0.0162832	14.03894938	66.1174768	14.03894938	66.11747684
X Variable 1	0.029930231	0.016954998	1.765275	0.1757	-0.02402814	0.0838886	-0.02402814	0.083888601

Lampiran 3. Rumus perhitungan

1. Larutan Cr(VI) konsentrasi 1000 ppm dalam volume 1 liter

Rumus molekul Cr(VI) =



$$1 \text{ gram K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = \frac{214.75}{294.185} \times 1 \text{ gram} = 0.73 \text{ gram}$$

$$1 \text{ gram Cr(VI)} = \frac{1 \text{ gram}}{0.73 \text{ gram}} = \frac{x}{1 \text{ gram/liter}}$$

$$\frac{1 \text{ gram} \times 1 \text{ gram/liter}}{0.73 \text{ gram}} = 1.37 \text{ gram/L}$$

Jadi untuk membuat larutan logam berat Cr(VI) dengan konsentrasi 1000 ppm dibutuhkan 1.37 gram $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan dilarutkan dalam 1 L aquades.

2. Larutan Cr(VI) konsentrasi 200 ppm dalam volume 200 ml (perlakuan kinetik)

$$200 \text{ ppm dalam 1 liter aquades} = \frac{1000 \text{ ppm}}{1.37 \text{ gram}} = \frac{200 \text{ ppm}}{x}$$

$$x = \frac{1.37 \text{ gram} \times 200 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$x = 0.274 \text{ gram}$$

$$200 \text{ ppm dalam 200 ml aquades} = \frac{0.274 \text{ gram}}{1000 \text{ ml}} = \frac{x}{200 \text{ ml}}$$

$$x = \frac{0.274 \text{ gram} \times 200 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}}$$

$$x = 0.055 \text{ gram}$$

Jadi untuk membuat larutan logam berat Cr(VI) dengan konsentrasi 200 ppm dalam volume 200 ml dibutuhkan 0.055 gram $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan dilarutkan dalam 200 ml aquades.

3. Larutan Cr(VI) konsentrasi 1200 ppm dalam volume 200 ml (perlakuan Isoterm)

$$1200 \text{ ppm dalam 1 liter aquades} = \frac{1000 \text{ ppm}}{1.37 \text{ gram}} = \frac{1200 \text{ ppm}}{x}$$

$$x = \frac{1.37 \text{ gram} \times 1200 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$x = 1.644 \text{ gram}$$

$$1200 \text{ ppm dalam 200 ml aquades} = \frac{1.644 \text{ gram}}{1000 \text{ ml}} = \frac{x}{200 \text{ ml}}$$

$$x = \frac{1.644 \text{ gram} \times 200 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}}$$

$$x = 0.329 \text{ gram}$$

Jadi untuk membuat larutan logam berat Cr(VI) dengan konsentrasi 1200 ppm dalam volume 200 ml dibutuhkan 0.329 gram $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan dilarutkan dalam 200 ml aquades.

4. Larutan Cr(VI) konsentrasi 600 ppm dalam volume 200 ml dengan pengenceran dari konsentrasi 1200 ppm (perlakuan Isoterm)

$$600 \text{ ppm dalam 200 ml aquades} = \frac{1}{2} \times 200 \text{ ml larutan Cr(VI) 1200 ppm}$$

$$= 100 \text{ ml larutan Cr(VI) 1200 ppm}$$

Jadi untuk membuat larutan logam berat Cr(VI) dengan konsentrasi 600 ppm dalam volume 200 ml dibutuhkan 100 ml larutan Cr(VI) konsentrasi 1200 ppm kemudian diencerkan dengan aquades sebanyak 100 ml.

5. Larutan Cr(VI) konsentrasi 300 ppm dalam volume 200 ml dengan pengenceran dari konsentrasi 600 ppm (perlakuan Isoterm)

$$300 \text{ ppm dalam 200 ml aquades} = \frac{1}{2} \times 200 \text{ ml larutan Cr(VI) 600 ppm}$$

$$= 100 \text{ ml larutan Cr(VI) 600 ppm}$$

Jadi untuk membuat larutan logam berat Cr(VI) dengan konsentrasi 300 ppm dalam volume 200 ml dibutuhkan 100 ml larutan Cr(VI) konsentrasi 600 ppm kemudian diencerkan dengan aquades sebanyak 100 ml.

6. Larutan Cr(VI) konsentrasi 150 ppm dalam volume 200 ml dengan pengenceran dari konsentrasi 300 ppm (perlakuan Isoterm)

$$\begin{aligned} 150 \text{ ppm dalam } 200 \text{ ml aquades} &= \frac{1}{2} \times 200 \text{ ml larutan Cr(VI) } 300 \text{ ppm} \\ &= 100 \text{ ml larutan Cr(VI) } 300 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Jadi untuk membuat larutan logam berat Cr(VI) dengan konsentrasi 150 ppm dalam volume 200 ml dibutuhkan 100 ml larutan Cr(VI) konsentrasi 300 ppm kemudian diencerkan dengan aquades sebanyak 100 ml.

7. Larutan Cr(VI) konsentrasi 15 ppm dalam volume 200 ml dengan pengenceran dari konsentrasi 150 ppm (perlakuan Isoterm)

$$\begin{aligned} 15 \text{ ppm dalam } 200 \text{ ml aquades} &= \frac{1}{10} \times 200 \text{ ml larutan Cr(VI) } 150 \text{ ppm} \\ &= 20 \text{ ml larutan Cr(VI) } 150 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Jadi untuk membuat larutan logam berat Cr(VI) dengan konsentrasi 15 ppm dalam volume 200 ml dibutuhkan 20 ml larutan Cr(VI) konsentrasi 150 ppm kemudian diencerkan dengan aquades sebanyak 180 ml.

Lampiran 4. Foto-foto penelitian



Penjemuran biosorben jerami padi



Pengeringan jerami padi dalam oven



Penyimpanan biosorben dalam desikator



Penimbangan biosoben jerami padi menggunakan timbangan digital



Aktivasi Jerami Padi menggunakan NaOH



Modifikasi biosorben jerami padi menggunakan NaOH



Larutan logam berat Cr(VI)



Pengadukan biosorben jerami padi dalam larutan logam berat Cr(VI)



Pengambilan larutan logam berat Cr(VI) dengan suntikan



Pengukuran pH dan suhu larutan logam berat Cr(VI)