

**BIOSORPSI Cr (VI) DENGAN MENGGUNAKAN JERAMI
PADI (*Oryza sativa* L.)**

**LAPORAN SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

Oleh:

**FAIDATUR ROHMAH
NIM. 115080100111059**



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

**BIOSORPSI Cr (VI) DENGAN MENGGUNAKAN
JERAMI PADI (*Oryza sativa* L.)**

**LAPORAN SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

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

Oleh:

**FAIDATUR ROHMAH
NIM. 115080100111059**



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

LAPORAN SKRIPSI

BIOSORPSI Cr (VI) DENGAN MENGGUNAKAN
JERAMI PADI (*Oryza sativa* L.)

Oleh:

FAIDATUR ROHMAH
NIM. 115080100111059

Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 31 Juli 2015
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
SK Dekan No. :
Tanggal:

Dosen Penguji I

Ir. Sri Sudaryanti, MS
NIP. 19601009 198602 2 001
Tanggal:

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Muhammad Musa, MS
NIP. 19570507 198602 1 002
Tanggal:

Dosen Penguji II

Prof. Ir. Yenny Risjani, DEA, PhD
NIP. 19610523 198703 2 003
Tanggal:

Dosen Pembimbing II

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

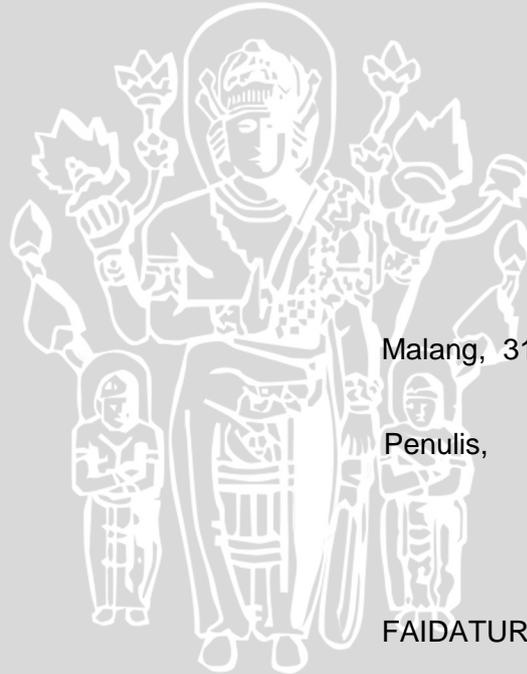
Mengetahui,
Ketua Jurusan MSP,

(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, 31 Juli 2015

Penulis,

FAIDATUR ROHMAH

RINGKASAN

Faidatur Rohmah. Biosorpsi Cr (VI) dengan Menggunakan Jerami Padi (*Oryza sativa* L.) (dibawah bimbingan **Dr. Ir. Muhammad Musa, MS dan Andi Kurniawan, S.pi. M.Eng. D.sc**)

Logam Cr (VI) merupakan bentuk logam Cr yang paling banyak dipelajari sifat racunnya karena daya racun Cr (VI) yang sangat toksik, korosif dan karsinogenik dan mudah terserap oleh organisme. Cr (VI) dapat terakumulasi dalam tubuh sehingga menyebabkan penyakit pada manusia. Sumber Cr di lingkungan perairan bisa berasal dari air buangan industri-industri pelapisan Cr, pabrik cat, pabrik tinta, penyamakan kulit, pengilangan minyak dan pabrik tekstil. Gugus hidroksil polar selulosa berperan dalam reaksi kimia dan mengikat logam berat dari larutan. Salah satu bahan yang kaya akan gugus hidroksil adalah jerami padi. Jerami padi kaya akan gugus hidroksil karena memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yakni mencapai 30-40 %. Jerami padi merupakan limbah pertanian yang cukup besar jumlahnya dan belum banyak dimanfaatkan, sehingga dalam penelitian ini jerami padi dimanfaatkan sebagai biosorpsi logam berat Cr (VI) sebagai salah satu upaya untuk mencari alternatif penyerapan logam berat.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui waktu kontak optimum dan efektifitas penyerapan biosorpsi jerami padi dalam menyerap ion Cr (VI), serta mengetahui karakteristik biosorpsi jerami padi dalam menyerap ion Cr (VI). Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrobiologi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang dengan 2 kali ulangan pada bulan Mei 2015. Sedangkan analisis logam berat dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di dalam laboratorium. Tahapan pada penelitian ini dibagi menjadi 2 yaitu kinetik adsorpsi dengan perlakuan waktu 5, 30, 60, 120 dan 300 menit serta adsorpsi isoterm dengan perbedaan konsentrasi yaitu 15, 150, 300, 600, dan 1200 ppm. Penentuan Konsentrasi Cr dan penentuan waktu optimum pada penelitian ini berdasarkan penelitian Sudiarta dan Sahara tahun 2011.

Hasil penelitian menunjukkan variasi waktu kontak optimum biosorpsi ion Cr (VI) yang diperoleh adalah 120 menit dengan akumulasi 2.27 mg/g-kering. Selanjutnya dalam pengamatan pH dan suhu diperoleh nilai rata-rata pH saat waktu kontak 5, 30, 60, 120, dan 300 menit memiliki kisaran 9.44–9.55. Begitu juga dengan nilai rata-rata suhu yang diperoleh dalam pengamatan ini memiliki kisaran 27.8 °C–28.4 °C. Berdasarkan perbandingan variasi konsentrasi, efektifitas penyerapan ion Cr (VI) dengan menggunakan jerami padi diperoleh persentase penyerapan tertinggi yaitu pada konsentrasi 14.5 ppm dengan nilai persentase sebesar 48.6 %. karakteristik penyerapan logam berat oleh jerami padi terjadi secara fisika-kimia melalui mekanisme pengikatan pasif yang mana terjadi penyerapan logam berat Cr (VI) terletak pada permukaan jerami padi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran ALLAH SWT. Atas segala Rahmat dan karunia-Nya sehingga Skripsi yang berjudul **“Biosorpsi Cr (VI) dengan Menggunakan Jerami Padi (*Oryza sativa* L.)”** dapat terselesaikan.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Ir. Muhammad Musa.,MS dan Andi Kurniawan, S.Pi, M.Eng, D.Sc yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan mulai dari penulisan proposal, pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan SKRIPSI ini hingga selesai. Dalam penyusunan Laporan SKRIPSI mengalami sedikit kendala maupun masalah yang dihadapi, tetapi saya menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan SKRIPSI ini dapat berjalan dengan baik dan lancar karena dukungan dari semua pihak terutama kedua orang tua penulis, teman-teman maupun dosen-dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

Semoga Laporan SKRIPSI ini dapat bermanfaat dan dapat dijadikan sumber informasi bagi semua pihak yang membutuhkan, khususnya bagi penulis sendiri.

Malang, 31 Juli 2015

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman

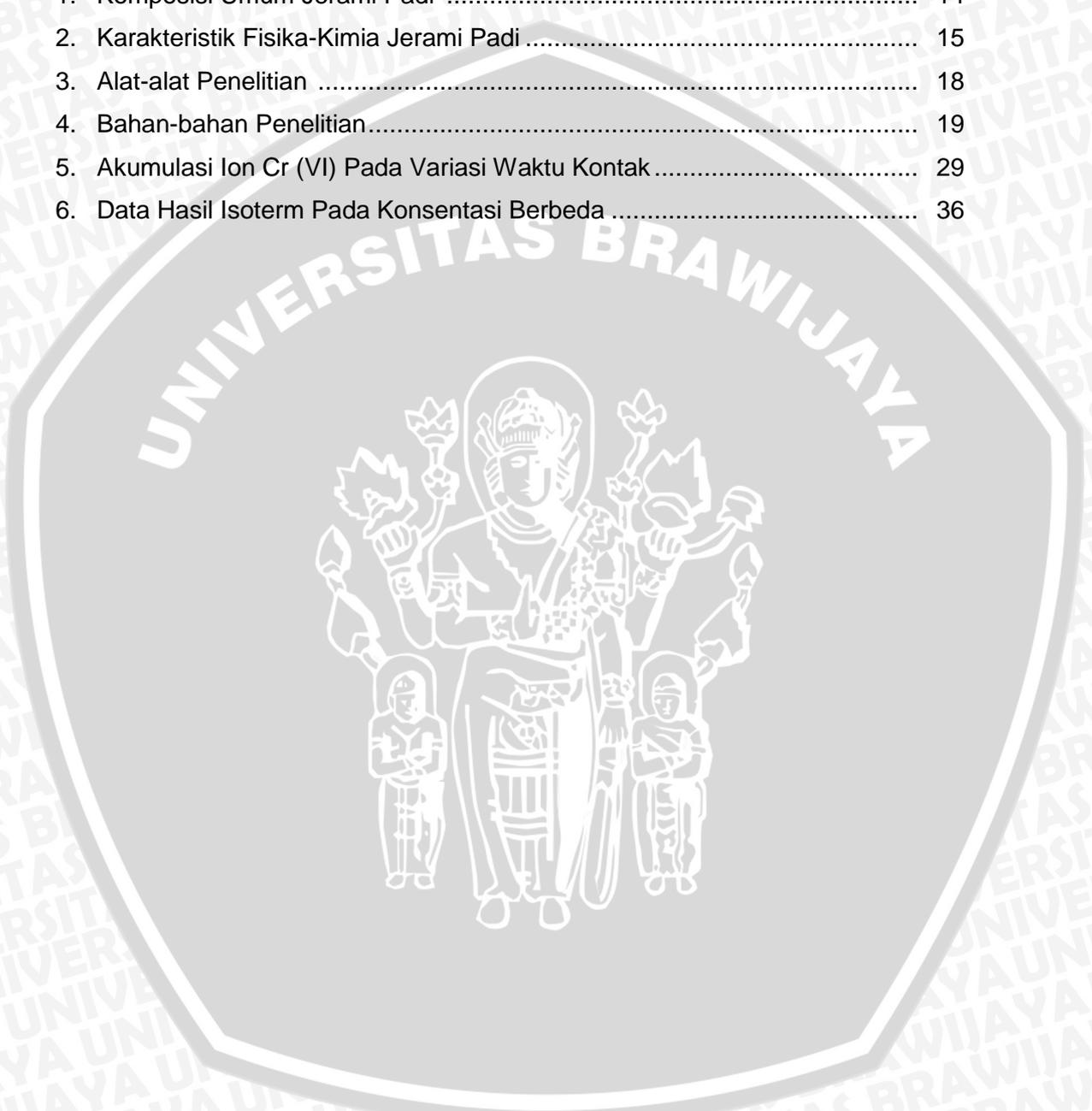
HALAMAN SAMBUTAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pendekatan Penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Kegunaan Penelitian.....	4
1.5 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Adsorpsi	5
2.1.1 Teori Adsorpsi	5
2.1.2 Isoterm Langmuir	6
2.2 Logam Berat	7
2.2.1 Logam Berat Cr (VI)	8
2.2.2 Sifat-Sifat Logam Cr (VI)	9
2.2.3 Sumber Pencemaran Kromium (Cr)	10
2.3 Biosorpsi.....	11
2.4 Biosorben Jerami Padi	13
2.4.1 Morfologi dan Kandungan Jerami Padi	13
2.4.2 Mekanisme Penyerapan Logam oleh Biosorben Jerami Padi.....	15
2.5 Pengaruh Suhu dan pH Terhadap Biosorpsi Ion Logam	16
3. MATERI DAN METODE PENELITIAN	18
3.1 Materi Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	18
3.2.1 Alat-Alat Penelitian.....	18
3.2.2 Bahan-Bahan Penelitian.....	19



3.3 Metode Penelitian	19
3.4 Sumber data	19
3.4.1 Data Primer	19
3.4.2 Data Sekunder	20
3.5 Teknik Pengumpulan Data	20
3.5.1 Pengambilan Biosorben Jerami Padi.....	20
3.5.2 Preparasi Biosorben Jerami Padi	21
3.5.3 Pembuatan Larutan Cr (VI)	21
3.5.4 Penentuan Waktu Optimum Biosorpsi Ion Cr (VI).....	21
3.5.5 Penentuan Isoterm dan Kapasitas Biosorpsi Ion Cr (VI).....	22
3.6 Metode Penggunaan AAS.....	24
3.7 Teknik Analisa Parameter Kualitas Air	27
3.7.1 Parameter Fisika	27
- Pengukuran Suhu	27
3.7.2 Parameter Kimia	27
- Pengukuran pH.....	27
3.8 Desain Penelitian	28
4.HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Waktu Kontak Optimum Biosorpsi Terhadap Ion Cr (VI)	29
4.2 Pengaruh Konsentrasi Awal Terhadap Akumulasi Ion Cr (VI)	33
4.3 Efektifitas Penyerapan	34
4.4 Isoterm Adsorpsi	35
4.5 Karakteristik Biosorpsi Ion Cr (VI) oleh Jerami Padi	39
5. KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN	49

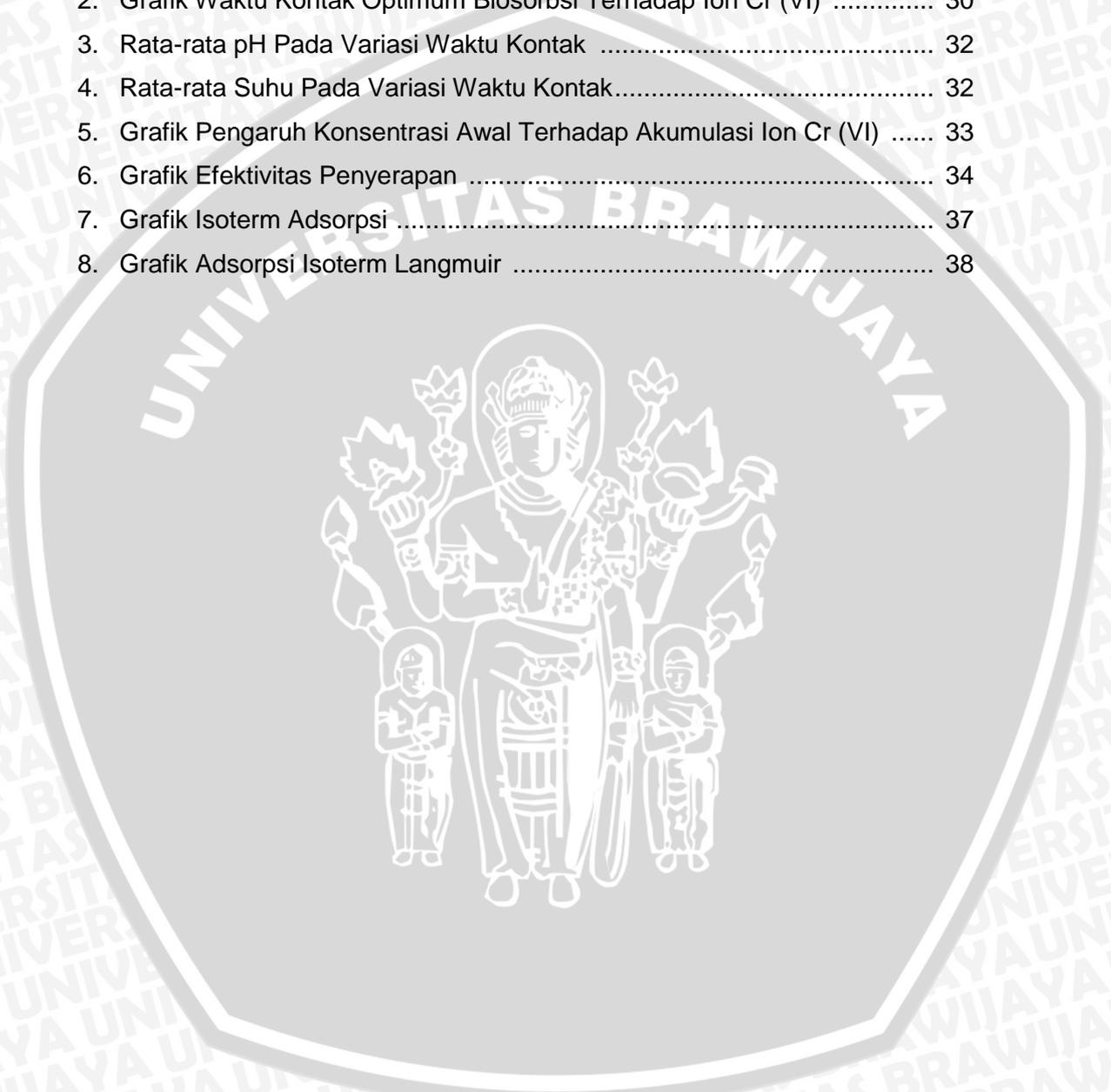
DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi Umum Jerami Padi	14
2. Karakteristik Fisika-Kimia Jerami Padi	15
3. Alat-alat Penelitian	18
4. Bahan-bahan Penelitian.....	19
5. Akumulasi Ion Cr (VI) Pada Variasi Waktu Kontak	29
6. Data Hasil Isoterm Pada Konsentrasi Berbeda	36



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Prosedur Biosorpsi Logam Berat Ion Cr (VI) oleh Jerami Padi	23
2. Grafik Waktu Kontak Optimum Biosorpsi Terhadap Ion Cr (VI)	30
3. Rata-rata pH Pada Variasi Waktu Kontak	32
4. Rata-rata Suhu Pada Variasi Waktu Kontak.....	32
5. Grafik Pengaruh Konsentrasi Awal Terhadap Akumulasi Ion Cr (VI)	33
6. Grafik Efektivitas Penyerapan	34
7. Grafik Isoterm Adsorpsi	37
8. Grafik Adsorpsi Isoterm Langmuir	38



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran logam berat dalam perairan umumnya akan selalu bertambah dari waktu ke waktu karena sifat logam yang "*bioakumulatif*". Limbah cair yang mengandung logam berat menjadi masalah yang serius karena persenyawaan logam di perairan sulit diuraikan oleh makhluk hidup seperti mikroorganisme. Salah satu senyawa kimia yang sangat beracun bagi organisme perairan dan manusia adalah yang mempunyai bahan aktif dari logam-logam berat. Daya racun yang dimiliki oleh bahan aktif logam berat akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim dalam proses fisiologis atau metabolisme tubuh, sehingga proses metabolisme terganggu (Darmono, 2001).

Salah satu zat pencemar lingkungan adalah logam berat, diantaranya adalah Timbal (Pb), Kromium (Cr), Tembaga (Cu), Kadmium (Cd), Nikel (Ni), Merkuri (Hg) dan Seng (Zn). Limbah ini akan menyebabkan pencemaran serius terhadap lingkungan jika kandungan logam berat yang terdapat di dalamnya melebihi ambang batas dan akan menyebabkan penyakit serius bagi manusia apabila terakumulasi di dalam tubuh (Rahmawati dan Yuanita, 2013).

Kromium (Cr) termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun Cr tergantung pada valensi ionnya. Ion Cr (VI) adalah bentuk logam Cr yang paling banyak dipelajari sifat racunnya karena daya racun Cr (VI) yang sangat toksik, korosif dan karsinogenik. Dikarenakan Cr (VI) dapat membentuk kompleks makromolekul dalam sel, selain itu struktur kimianya juga dapat menembus membran sel dengan cepat dan mengalami reaksi dalam sel (Danarto, 2007).

Sumber Cr di lingkungan perairan berasal dari air buangan industri-industri pelapisan Cr, pabrik cat, pabrik tinta, penyamakan kulit, pengilangan

minyak dan pabrik tekstil. Salah satu sumber Cr yang banyak ditemukan di daerah Malang yaitu pada pabrik penyamakan kulit. Logam Cr (VI) termasuk logam yang memiliki toksisitas tinggi yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan perairan dan mudah terserap oleh fitoplankton selanjutnya bersifat beracun pada organisme akuatik lainnya, selain itu Cr (VI) dapat terakumulasi dalam tubuh sehingga menyebabkan penyakit pada manusia karena ion Cr (VI) jauh lebih labil, beracun dan karsinogenik untuk berbagai organisme.

Gugus hidroksil polar selulosa 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). Salah satu bahan yang kaya akan gugus hidroksil adalah jerami padi. Jerami padi kaya akan gugus hidroksil karena memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yakni mencapai 30 – 40 %. Keberadaan jerami padi di Indonesia sendiri cukup melimpah, karena makanan pokok di negara ini adalah beras. Produksi padi yang meningkat mengakibatkan limbah jerami padi yang dihasilkan juga meningkat. Limbah-limbah tersebut hanya tertumpuk dan belum dimanfaatkan secara maksimal (El Baidho *et al.*, 2013). Jerami padi merupakan limbah pertanian yang cukup besar jumlahnya dan belum banyak dimanfaatkan karena dianggap tidak memiliki nilai ekonomis. Sehingga dalam penelitian ini jerami padi dimanfaatkan sebagai biosorpsi logam berat Cr (VI) sebagai salah satu upaya untuk mencari alternatif penyerapan logam berat.

Salah satu upaya mengurangi pencemaran logam berat Cr (VI) yang semakin meningkat di lingkungan, diarahkan pada penggunaan bahan yang mudah didegradasi. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan metode biosorpsi. Menurut Volesky (1999), dalam Amaliah *et al.*, (2012), biosorpsi memiliki beberapa keuntungan jika dibandingkan dengan teknik konvensional, diantaranya: murah, dapat diperbaharui, tidak ada produk endapan

dan air beracun yang dihasilkan sebagai hasil sampingan, serta *recovery* logam sangat mungkin dilakukan karena logam dapat dengan segera dipisahkan dari biomassa dan diperoleh kembali.

Penelitian tentang biosorpsi menggunakan jerami padi untuk menyerap Cr (VI) masih sangat jarang dilakukan, namun selama ini penelitian lebih banyak biosorpsi yang menggunakan jerami padi untuk menyerap Timbal (II) (Safrianti *et al.*, 2012). Selain Timbal (II) teknologi biosorpsi menggunakan jerami padi juga dapat digunakan dalam menyerap Ammonium (Yulianti *et al.*, 2012).

Teknologi biosorpsi merupakan salah satu metode yang murah dan efektif untuk mengurangi kadar logam berat dibandingkan dengan metode lainnya. Berdasarkan penjelasan di atas, maka perlu dilakukan analisis biosorpsi Cr (VI) dengan menggunakan jerami padi untuk mengurangi pencemaran lingkungan perairan dan diharapkan dapat menjadi solusi bagi permasalahan lingkungan perairan yang tercemar oleh limbah logam berat.

1.2 Pendekatan Penelitian

Berdasarkan uraian sebelumnya maka dapat diambil pendekatan penelitian yang menjadi fokus penelitian diantaranya yaitu:

1. Berapa waktu kontak optimum biosorpsi jerami padi terhadap ion Cr (VI)?
2. Berapa efektifitas penyerapan biosorben terhadap ion Cr (VI)?
3. Bagaimana karakteristik adsorben jerami padi dalam menyerap ion Cr (VI)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui waktu kontak optimum biosorpsi jerami padi dalam menyerap ion Cr (VI).
2. Mengetahui efektifitas penyerapan biosorben terhadap ion Cr (VI).

3. Mengetahui karakteristik adsorben jerami padi dalam menyerap ion Cr (VI).

1.4 Kegunaan Penelitian

1. Mahasiswa

Menambah wawasan dan pengetahuan tentang pemanfaatan jerami padi sebagai biosorben logam berat Cr (VI).

2. Perguruan Tinggi

Menambah sumber informasi keilmuan tentang biosorpsi logam berat Cr (VI) dengan menggunakan jerami padi sehingga dapat digunakan untuk pengolahan limbah industri khususnya limbah logam berat dan dapat dijadikan sebagai dasar dalam penelitian lebih lanjut.

3. Pemerintah dan Masyarakat Umum

Menambah sumber informasi bahwa jerami padi yang dianggap sebagai limbah dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengelolaan industri khususnya logam berat Cr (VI).

1.5 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrobiologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang pada bulan Mei–Juli 2015. Sedangkan analisis logam berat dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya Malang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi

2.1.1 Teori Adsorpsi

Adsorpsi menggunakan istilah adsorbat dan adsorben. Zat yang menyerap disebut adsorben sedangkan ion, atom atau molekul yang diserap disebut adsorbat (Kriswiyanti dan Danarto, 2007).

Adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben jerami padi yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Interaksi yang terjadi pada molekul adsorbat dengan permukaan diikuti lebih dari satu interaksi, tergantung pada struktur kimia masing-masing komponen (Setyaningtyas *et al.*, 2005).

Proses adsorpsi lebih banyak dipakai dalam industri karena mempunyai beberapa keuntungan, yaitu lebih ekonomis dan juga tidak menimbulkan efek samping yang beracun serta mampu menghilangkan bahan-bahan organik (Nurhasni *et al.*, 2014).

Secara umum mengklasifikasikan adsorpsi ke dalam dua kategori, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika terjadi jika reaksi antara adsorben dan adsorbat melibatkan gaya-gaya antar molekul seperti ikatan hidrogen atau van der Waals. Pada proses ini molekul yang teradsorpsi mudah dilepas kembali dengan menurunkan tekanan gas atau konsentrasi zat terlarut. Zat yang teradsorpsi dapat membentuk beberapa lapisan tunggal dan kondisi kesetimbangan akan tercapai segera setelah adsorben bersentuhan dengan adsorbat. Panas adsorpsi yang menyertai adsorpsi fisika lebih rendah bila dibandingkan dengan panas adsorpsi yang terjadi pada adsorpsi kimia (Oscik, 1982 dalam Suseno, 2011).

2.1.2 Isoterm Langmuir

Model isoterm adsorpsi yang biasanya digunakan dalam suatu penelitian yaitu isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir. Persamaan isoterm Freundlich digunakan untuk menjelaskan proses adsorpsi non ideal pada permukaan yang heterogen. Heterogenitas dapat disebabkan oleh adanya perbedaan gugus fungsional pada permukaan adsorben. Isoterm Langmuir mengasumsikan bahwa adsorpsi yang terjadi hanya merupakan adsorpsi satu lapis saja (monolayer). Apabila jumlah situs aktif pada permukaan adsorben sudah tertutup oleh adsorbat, maka proses adsorpsi selanjutnya akan terhalangi (Prasasti *et al.*, 2012).

Isoterm 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. Isoterm 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).

Menurut Atkins (1999), dalam Suprayogi (2009), persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben dengan molekul-molekul zat yang tidak teradsorpsi.

Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dapat dituliskan sebagai berikut:

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

Keterangan:

X = jumlah adsorbat teradsorpsi

M = satuan bobot adsorben (gram)

C = konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (ppm)

α, β = konstanta yang berhubungan dengan afinitas adsorpsi.

2.2 Logam Berat

Istilah logam berat merujuk pada elemen/unsur logam atau metaloid yang memiliki massa jenis atau densitas yang tinggi dan biasanya bersifat sangat toksik meski pada konsentrasi sangat rendah. Namun karakteristik yang sesungguhnya membedakan logam berat dengan kelompok unsur lainnya adalah sifat kimianya, termasuk aktivitasnya di dalam tubuh manusia. Meskipun beberapa logam berat dibutuhkan oleh tubuh manusia sebagai mikronutrien, pada kadar lebih tinggi dapat menyebabkan efek biotoksik pada manusia. Logam berat meliputi Tembaga (Cuprum/Cu), Timbal (Plumbum/Pb), Kadmium (Cd), Seng (Zinc/Zn), Raksa (Hydragyrum/Hg), Arsenik (As), Perak (Argentum/Ag), Kromium (Cr), Besi (Ferrum/Fe), dan kelompok logam Platina (Pt) (Duruibe *et al.*, 2007).

Logam berat akan menyebabkan pencemaran serius terhadap lingkungan jika kandungan logam berat yang terdapat di dalamnya melebihi ambang batas dan akan menyebabkan penyakit serius bagi manusia apabila terakumulasi di dalam tubuh (Danarto, 2007). Logam berat yang terdapat dalam air mudah terserap dalam fitoplankton yang merupakan titik awal dari rantai makanan dan selanjutnya akan sampai ke organisme lainnya termasuk manusia (Purnomo, 2007).

Limbah logam berat di lingkungan akuatik sangat membahayakan keberlangsungan lingkungan tersebut maupun organisme yang terlibat, termasuk manusia. Logam berat berbahaya bagi manusia karena dapat mengakibatkan efek biotoksik pada manusia yang kemudian menimbulkan penyakit akut maupun kronis. Organisasi Kesehatan Dunia (*World Health Organization / WHO*) menemukan bahaya kesehatan yang dapat ditimbulkan dari keberadaan logam berat di rantai makanan, meski dalam konsentrasi yang sangat kecil. Bahkan Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (*United States Environment*

Protection Agency / USEPA) mengklasifikasikan beberapa logam berat ke dalam daftar “*Top 20 Hazardous Substance Priority List*” yang mereka rilis. Logam berat tersebut antara lain Raksa pada peringkat 6, Kadmium pada peringkat 7, Cr peringkat 8, dan Nikel di peringkat 13. Sedangkan posisi pertama ditempati oleh Arsenik sebagai substansi yang paling berbahaya (Srivastava dan Goyal, 2010).

2.2.1 Logam Berat Cr (VI)

Setiap jenis bilangan oksidasi Cr mempunyai sifat fisika dan kimia yang berbeda. Ion Cr (III) dianggap stabil, unsur inert dalam lingkungan, dan esensial untuk mamalia dalam jumlah yang sedikit, sedangkan ion Cr (VI) jauh lebih labil, beracun dan karsinogenik untuk berbagai organisme. Contoh efek buruk pada kesehatan yang ditimbulkan oleh ion Cr (VI) adalah gangguan pada kulit, gangguan pernafasan, kerusakan hati dan ginjal, menurunkan sistem kekebalan tubuh, perubahan materi genetik, kanker paru-paru, dan penyakit lainnya (Al indis dan Ulfir, 2013).

Kromium (Cr) dalam tabel periodik merupakan unsur dengan nomor atom 24 dan nomor atom massa 51,996. Atom tersebut terletak pada periode 4 Golongan IV B, logam Cr berwarna putih, kristal keras dan sangat tahan korosi, melebur pada suhu 1093°C sehingga sering digunakan sebagai lapisan, pelindung atau logam paduan (Koesnardi, 2007).

Cr terdapat di alam dalam 2 bentuk oksida, yaitu oksida Cr (III) dan Cr (VI). Uniknya, hanya Cr (VI) yang bersifat karsinogenik, sedangkan Cr (III) tidak. Tingkat toksisitas Cr (III) hanya sekitar 1/100 kalinya Cr (VI). Bahkan dari penelitian lebih lanjut, ternyata Cr (III) merupakan suatu jenis nutrisi yang dibutuhkan tubuh manusia dengan kadar sekitar 50 – 200 µg/hari (Syakur dan Danumulyo, 2003). Logam Cr (VI) mudah larut dalam air dan membentuk divalent oxyanion yaitu Cromate (CrO_4^{2-}) dan Dichromate ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), sedangkan Chromium trivalent/ Cr (III) mudah diendapkan atau diadsorpsi oleh senyawa-

senyawa organik dan anorganik pada pH netral atau alkalin (Syakur dan Danumulyo, 2003).

2.2.2 Sifat-sifat Logam Cr (VI)

Senyawa Cr pada sumber-sumber air alam maupun air limbah industri dapat berada dalam bentuk Cr (III) dan Cr (VI) yang mempunyai sifat berbeda. Cr (III) esensial bagi mamalia untuk metabolisme gula, protein, dan lemak. Senyawanya besar. Berbeda dengan Cr (VI) karena bersifat sangat oksidatif. Batas maksimum Cr (VI) yang diperbolehkan dalam air sehat 0,05 ppm, sedangkan dalam air limbah 0,1 ppm (Hariani *et al.*, 2009).

Menurut Peter (1994), dalam Danarto (2007), menyatakan bahwa Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun Cr tergantung pada valensi ionnya. Ion Cr (VI) adalah bentuk logam Cr yang paling banyak dipelajari sifat racunnya karena daya racun Cr (VI) yang sangat toksik, korosif dan karsinogenik. Hal ini disebabkan Cr (VI) dapat membentuk kompleks makromolekul dalam sel, selain itu struktur kimianya juga dapat menembus membran sel dengan cepat dan mengalami reaksi dalam sel. Tingkat keracunan Cr pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan Cr dalam urin. Sumber pencemar Cr berasal dari air buangan industri-industri pelapisan Cr, pabrik tekstil, cat, tinta, penyamakan kulit dan pengilangan minyak (Danarto, 2007).

Cr merupakan logam transisi yang penting, senyawanya berupa senyawa kompleks yang memiliki berbagai warna yang menarik, berkilau, titik lebur pada suhu yang tinggi serta tahan terhadap perubahan cuaca. Selain itu pelapisan logam dengan Cr menghasilkan paduan logam yang indah, keras, dan melindungi logam lain dari korosi. Sifat-sifat Cr inilah yang menyebabkan logam ini banyak digunakan dalam industri *electroplating*, penyamakan kulit, cat tekstil, fotografi, pigmen (zat warna), besi baja, dan industri kimia (Hariani *et al.*, 2009).

Cr di lingkungan terdapat dalam beberapa spesies dengan toksisitas yang sangat berbeda. Bentuk utama logam Cr (VI) terlarut adalah H_2CrO_4^- , HCrO_4^- , CrO_4^{2-} dan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, bentuk logam Cr (VI) di perairan mempunyai kelarutan tinggi dan bersifat sangat toksik, korosif serta karsinogen karena diperkirakan membentuk kompleks makromolekul dalam sel. Sebaliknya bentuk logam Cr (III) sangat kurang toksik dibandingkan Cr (VI), tidak korosif maupun iritasi, bahkan dalam jumlah kecil merupakan bahan pokok yang diperlukan untuk metabolisme karbohidrat, glukosa dan protein dalam mamalia, sebagai kofaktor untuk aktifitas insulin serta berperan di sekitar hormone (Januarita, 2003).

2.2.3 Sumber Pencemaran Kromium (Cr)

Sumber pencemaran Cr di lingkungan dapat dilacak dari air buangan industri-industri pelapisan Cr, pabrik cat, pabrik tinta, penyamakan kulit, pengilangan minyak dan pabrik tekstil. Sasirangan merupakan kain khas Kalimantan Selatan yang dihasilkan dari pewarnaan tekstil secara "jumput". Limbah cair pewarna industri kain sasirangan yang mengandung logam berat Cr, kebanyakannya dibuang ke perairan yang ada disekitarnya, yang merupakan lahan Gambut (Januarita, 2003).

Cr masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan (tumbuhan maupun hewan) dan kulit. Tumbuhan tercemar Cr yang berasal dari dalam tanah dan udara sedangkan hewan tercemar Cr melalui air, misalnya ikan. Garam-garam Cr yang masuk ke dalam tubuh manusia akan segera dikeluarkan oleh tubuh. Akan tetapi, jika kadar Cr tersebut cukup besar, akan mengakibatkan kerusakan pada sistem pencernaan. Toksisitas Cr dipengaruhi oleh bentuk oksidasi Cr, suhu, dan pH (Effendi, 2003).

2.3 Biosorpsi

Menurut Cossich *et al.*, (2002), menyatakan biosorpsi didefinisikan sebagai proses penggunaan bahan alami untuk mengikat logam berat. Proses adsorpsi menggunakan produk limbah pertanian atau biosorpsi menjadi alternatif baru untuk pengolahan limbah industri. Proses ini terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara berbeda, pertama penukaran ion dimana ion monovalent dan divalent seperti Na, Mg dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat dan kedua adalah pembentukan kompleks antara ion-ion logam berat dengan fungsional grup seperti karbonil, amino, thiol, hidroksil, posfat dan hidroksi-karboksil yang berada pada dinding sel. Proses biosorpsi ini bersifat bolak-balik dan cepat. Proses bolak-balik ikatan ion logam di permukaan sel ini dapat terjadi pada sel mati dan sel hidup dari suatu biomassa. Proses biosorpsi dapat lebih efektif dengan kehadiran tertentu pH dan kehadiran ion-ion lainnya di media dimana logam berat dapat terendapkan sebagai garam yang tidak terlarut.

Menurut Stranberg *et al.*, (1981) dalam Soeprajinto (2005), menjelaskan biosorpsi logam terjadi karena kompleksasi ion logam yang bermuatan positif dengan pusat aktif yang bermuatan negatif pada permukaan dinding sel-sel atau polimer-polimer ekstraseluler.

Menurut La Nafie *et al.*, (2007), menyatakan biosorpsi merupakan istilah yang digunakan untuk menjelaskan penghilangan logam berat melalui pengikatan pasif pada biomassa tumbuhan atau mikroorganisme yang tidak hidup dari larutannya dalam air dan merupakan salah satu metode alternatif untuk menghilangkan ion logam berat dalam air limbah karena biaya murah dan ketersediaan biosorbennya mudah.

Menurut Igwe dan Abia (2006), berpendapat kemampuan sel hidup dan sel mati dalam mengikat logam ternyata mempunyai mekanisme yang berbeda

tergantung pada sistem metabolismenya. Pada sel hidup, maka 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). Efektifitas 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 elektrostatis 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 mempengaruhi kemampuan adsorpsi bahan.

Menurut Kargi dan Cikla (2006), penggunaan produk pertanian dalam suatu proses biosorpsi lebih baik digunakan untuk metode kimia dan fisika dikarenakan oleh faktor-faktor di bawah 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.

2.4 Biosorben Jerami padi

2.4.1 Morfologi dan Kandungan Jerami Padi

Jerami padi kaya akan gugus hidroksil karena memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yakni mencapai 30 – 40 %. Keberadaan jerami padi di Indonesia sendiri cukup melimpah, karena makanan pokok di negara ini adalah beras. Produksi padi yang meningkat mengakibatkan limbah jerami padi yang dihasilkan juga meningkat. Limbah-limbah tersebut hanya tertumpuk dan belum dimanfaatkan secara maksimal (El Baidho *et al.*, 2013).

Menurut Safrianti *et al.*, (2012) mengatakan jerami padi merupakan salah satu limbah pertanian yang memiliki komponen utama karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa), lignin dan silika Menurut Wardiati dan Wildan (2002), menyatakan bahwa Jerami memiliki kandungan terdiri dari lignin 12 – 14 %, selulosa 28 – 36 %, pentosan 23 – 25 % dan kadar abu 14 – 20 %. Dinding sel yang mengandung selulosa tersusun atas beberapa gabungan polisakarida. Salah satu polisakarida tersebut berupa senyawa alginat dengan sifat sebagai penukar ion. Mekanisme reaksi pertukaran ion polisakarida dalam limbah nut (biomassa) dengan logam berat dapat dituliskan sebagai berikut :



Menurut Kumar (2010), analisis kandungan fisika dan kimia jerami padi sebagai berikut: komposisi umum jerami padi dapat dilihat pada Tabel 1 sedangkan karakteristik fisika-kimia jerami padi dapat dilihat Tabel 2. Biomassa dari tumbuhan banyak mengandung selulosa, termasuk jerami padi yang mengandung 32,12 % selulosa, 22,48 % hemiselulosa, serta 22,34 % lignin. Material yang mengandung selulosa dapat mengabsorpsi kation logam dari medium larutan.

Tabel 1. Menurut Kumar (2010), Adapun komposisi umum jerami padi sebagai berikut:

Komposisi	Persentase (%)
Selulosa	32,12
Hemiselulosa	22,48
Lignin	22,34
Abu Mineral	13,87
Air	7,86
Bahan Lain	2,33
Analisis kimia abu mineral	
SiO ₂	93,19
K ₂ O	3,84
MgO	0,87
Al ₂ O ₃	0,78
CaO	0,74
Fe ₂ O ₃	0,58

Dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa komposisi umum jerami padi memiliki kandungan yang terbanyak adalah selulosa dengan nilai persentase yaitu sekitar 32.12 % sehingga dalam hal ini jerami padi dapat digunakan sebagai bahan alami yang dapat menyerap logam berat salah satunya adalah Cr (VI). Sedangkan karakteristik fisika dan kimia jerami padi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik fisika-kimia jerami padi (Kumar, 2010).

Karakteristik	Nilai
Densitas bulk (g/ml)	0,79
Densitas padatan (g/ml)	1,48
Kelembaban (%)	5,98
Kandungan abu	48,81
Ukuran partikel (mesh)	40-200
Luas permukaan (m ² /g)	320,9
Keasaman permukaan (meq/g)	0,15
Kebasaan permukaan (meq/g)	0,53

2.4.2 Mekanisme Penyerapan Logam Oleh Biosorben Jerami Padi

Proses penyerapan ion-ion logam pada biosorben terjadi melalui pengikatan aktif dan pengikatan pasif. Pengikatan aktif melibatkan reaksi metabolisme terjadi pada biomaterial yang hidup sedangkan pengikatan pasif hanya terjadi pada biomaterial yang telah mati (Dewi, 2012). Pada penelitian ini termasuk pengikatan pasif. Pada pengikatan pasif, penyerapan terjadi pada permukaan dinding sel dan permukaan eksternal lainnya melalui mekanisme kimia dan fisika seperti pertukaran ion, pembentukan kompleks, dan adsorpsi secara keseluruhan, jerami padi mengandung senyawa-senyawa selulosa, lignin, lemak dan protein, dengan komponen utamanya adalah selulosa.

Selulosa berperan sebagai ligan yang dapat menyumbangkan sepasang elektron bebas pada ion logam, sedangkan ion logam Cd, Cr, Cu dan Pb berperan sebagai atom pusat dalam pembentukan senyawa kompleks (Apriliani, 2010). Selulosa merupakan polisakarida dengan rumus molekul (C₆H₁₀O₅)_n dan merupakan jaringan berserat dalam tumbuhan. Selulosa tersusun atas rantai-

rantai panjang sejajar yang terikat satu sama lain oleh ikatan hidrogen sehingga membentuk struktur seperti anyaman yang disebut *fibril*. Dengan struktur seperti ini yang menyebabkan selulosa mampu menjerap ion logam secara fisika (Dewi, 2012).

2.5 Pengaruh Suhu dan pH Terhadap Biosorpsi Ion Logam

Pemanasan sorben dapat meningkatkan kemampuan penyerapan terhadap adsorbat. Pemanasan yang dilakukan dapat memperbesar pori-pori adsorben sehingga akan meningkatkan efektifitas penyerapan ion logam (Nurhasni, 2002). Temperatur semakin meningkat menyebabkan proses desorpsi juga akan meningkat, sehingga terjadi penurunan jumlah adsorpsi. Adsorbat yang teradsorpsi akan terlepas dari permukaan maupun pori-pori adsorben secara linier dengan meningkatnya temperatur (Syarief, 2010).

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)

Menurut Riapanitra *et al.*, (2006), mengatakan bahwa pH akan mempengaruhi muatan permukaan adsorben, derajat ionisasi dan spesi apa saja yang dapat terserap dalam adsorpsi tersebut. Nilai pH juga dapat mempengaruhi keseimbangan kimia, baik pada adsorbat maupun pada adsorben. Dalam variasi pH ini memiliki suatu ikatan kimia antara adsorben dengan adsorbat sehingga dapat terjadi (Refilda *et al.*, 2001).

Pengaruh pH berkaitan dengan fakta bahwa dalam suasana asam terjadi kompetisi antara ion logam dan ion H^+ yang menyebabkan pengikatan logam

repository.ub.ac.id

kurang berarti. Sementara itu peningkatan pH, dapat menyebabkan tolakan elektrostatik dan adanya penurunan kepadatan muatan positif pada permukaan biosorben sehingga mengakibatkan peningkatan adsorpsi logam (Amaliah *et al.*, 2012).



3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi penelitian ini adalah logam berat Cr (VI) dan jerami padi sebagai pengenalannya dalam kemampuan untuk menyerap logam berat Cr (VI) serta dilakukan penelitian parameter kualitas air yang mempengaruhi meliputi parameter fisika yaitu suhu serta parameter kimia meliputi pH.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat-Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Alat-alat Penelitian

No.	Nama Alat	Kegunaan
1	Baskom	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	<i>Magnetik stirrer</i>	Mengaduk campuran larutan dan biosorben dengan waktu yang diinginkan
8	Erlenmyer	Wadah larutan
9	Desikator	Menyerap uap air yang ada pada biosorben jerami padi
10	Timbangan digital	Menimbang berat biosorben jerami padi yang digunakan
11	AAS	Mengukur konsentrasi/absorbansi suatu sampel atau bahan
12	pH meter	Mengukur pH suatu larutan
13	Thermometer	Mengukur suhu suatu larutan

3.2.2 Bahan-Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian biosorpsi logam berat Cr (VI) dengan menggunakan jerami padi dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. 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	Aquadess	Mencuci biosorben agar pH netral dan sebagai bahan dalam membuat larutan
5	Kertas saring	Menyaring residu dari larutan

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen di dalam laboratorium. Menurut Malhotra (2006), menyatakan penelitian eksperimen adalah suatu penelitian dimana peneliti sengaja membangkitkan atau membuat suatu kejadian atau keadaan timbul, lalu meneliti akibatnya. Menurut Sukardi (2003), menambahkan bahwa penelitian eksperimen adalah metode sistematis guna membangun hubungan yang mengandung fenomena sebab akibat (*causal effect relationship*). Metode eksperimen yang digunakan yaitu dengan melakukan percobaan proses biosorpsi logam berat Cr (VI) dengan menggunakan biosorben berupa jerami padi yang di anggap sebagai limbah yang kurang bermanfaat.

3.4 Sumber Data

3.4.1 Data Primer

Data primer adalah data asli yang dikumpulkan oleh periset untuk menjawab masalah risetnya secara khusus. Data ini tidak tersedia karena memang belum ada riset sejenis yang pernah dilakukan atau hasil riset yang

sejenis kadaluwarsa. Jadi, periset perlu melakukan pengumpulan atau pengadaan data sendiri karena tidak bisa mengandalkan data dari sumber lain. Dalam riset pemasaran, data primer diperoleh secara langsung dari sumbernya, sehingga periset merupakan “tangan pertama” yang memperoleh data tersebut (Istijanto, 2005). Data primer pada penelitian ini meliputi hasil penentuan waktu kontak optimum biosorpsi ion Cr (VI), isoterm dan kapasitas biosorpsi ion Cr (VI), dan hasil pengukuran pH dan suhu.

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang sudah ada. Data tersebut sudah cukup dikumpulkan sebelumnya untuk tujuan-tujuan yang tidak mendesak. Keuntungan data sekunder ialah tersedia, ekonomis, dan cepat didapat. Kelemahan data sekunder ialah tidak dapat menjawab secara keseluruhan masalah yang sedang diteliti. Kelemahan lainnya ialah kurangnya akurasi karena data sekunder dikumpulkan oleh orang lain untuk tujuan tertentu dengan menggunakan metode yang tidak diketahui (Soegoto, 2008). Data sekunder yang diambil pada penelitian ini meliputi hasil penelitian pendahuluan dan kepustakaan yang menunjang hasil penelitian.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

3.5.1 Pengambilan Biosorben Jerami Padi

Biosorben jerami padi diambil setelah masa panen yang diperoleh dari hasil samping pertanian, selanjutnya jerami padi dibersihkan dari debu dan kotoran serta rumput liar yang menempel agar mempermudah dalam proses pengeringan.

3.5.2 Preparasi Biosorben Jerami Padi

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

- Mencuci jerami padi dengan air sampai bersih dari kotoran
- Membilas dengan aquades
- Mengeringkan di bawah sinar matahari
- Memotong jerami padi dengan ukuran 0,5 cm
- Mencuci dengan aquades sampai bersih
- Mengeringkan dalam oven pada suhu 70°C sampai diperoleh berat konstan
- Menyimpan dalam desikator

3.5.3 Pembuatan Larutan Cr (VI)

Prosedur pembuatan larutan baku Cr (VI) konsentrasi 1000 ppm adalah sebagai berikut :

- Menimbang 1,37 gr $K_2Cr_2O_7$
- Melarutkan dengan aquades dalam labu takar 1 liter
- Menambahkan aquades sampai tanda batas

3.5.4 Penentuan Waktu Optimum Biosorpsi Ion Cr (VI)

Tahapan dalam penentuan waktu optimum biosorpsi ion Cr (VI) adalah sebagai berikut:

- Memasukkan 5 gram biosorben ke dalam 300 ml larutan Cr (VI) dengan konsentrasi 200 ppm
- Mengaduk dengan *magnetic stirrer* selama periode waktu yang ditentukan.
 - Perlakuan pertama diaduk selama 5 menit
 - Perlakuan kedua diaduk selama 30 menit

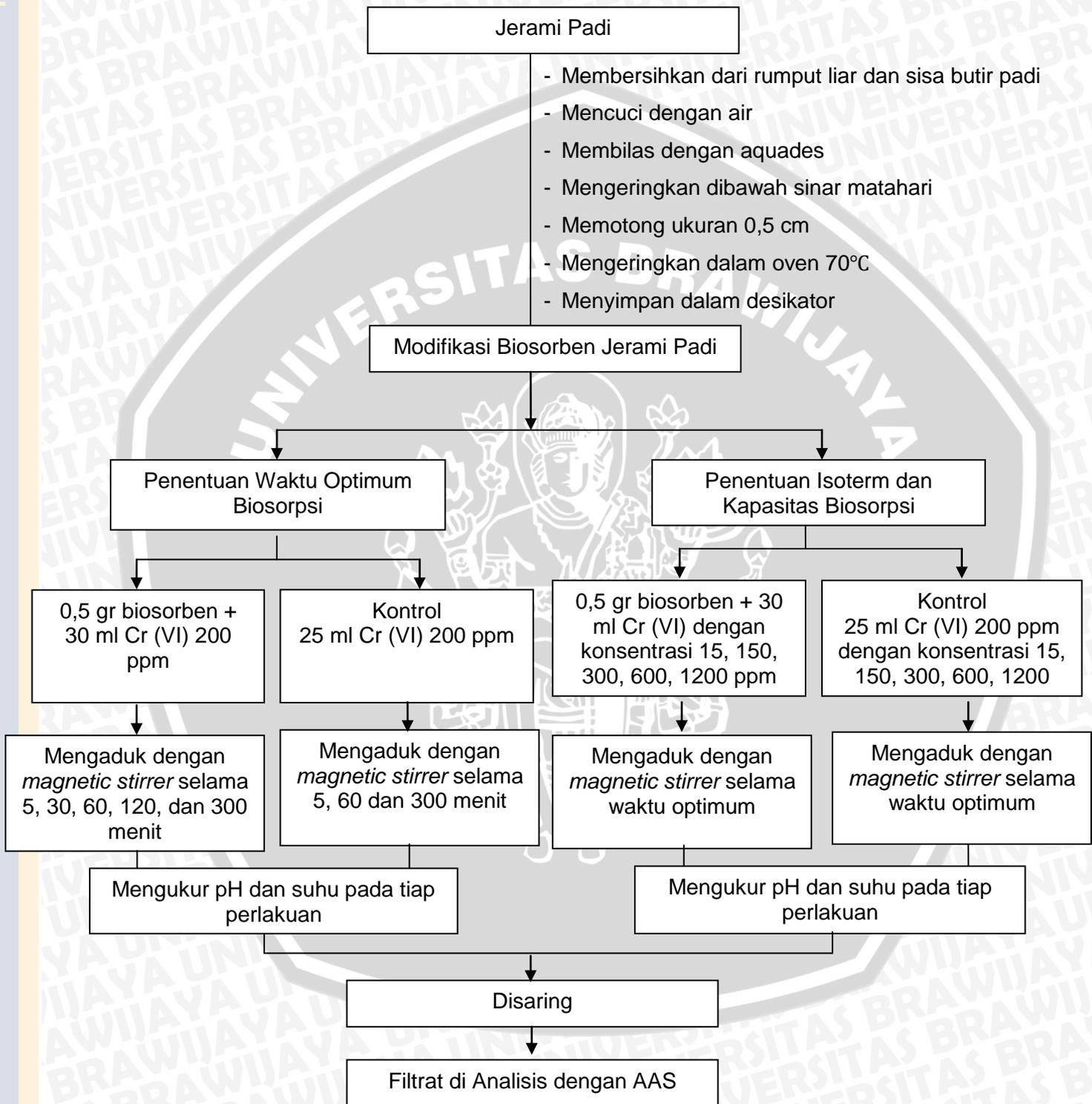
- Perlakuan ketiga diaduk selama 60 menit
- Perlakuan keempat diaduk selama 120 menit
- Perlakuan kelima diaduk selama 300 menit
- Perlakuan kontrol (tanpa biosorben) diaduk selama 5, 60, dan 300 menit.
- Mengambil larutan sebanyak 30 ml pada masing-masing perlakuan.
- Menyaring dengan kertas saring dan filtratnya dianalisis dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*).

3.5.5 Penentuan Isoterm dan Kapasitas Biosorpsi Ion Cr(VI)

Tahapan dalam penentuan isoterm dan kapasitas biosorpsi ion Cr (VI) adalah sebagai berikut:

- Memasukkan 1 gram biosorben ke dalam 60 ml larutan Cr (VI) dengan konsentrasi yang telah ditentukan.
 - Perlakuan pertama menggunakan konsentrasi 15 ppm
 - Perlakuan kedua menggunakan konsentrasi 150 ppm
 - Perlakuan ketiga menggunakan konsentrasi 300 ppm
 - Perlakuan keempat menggunakan konsentrasi 600 ppm
 - Perlakuan kelima menggunakan konsentrasi 1200 ppm
 - Perlakuan kontrol (tanpa biosorben) menggunakan konsentrasi 15 ppm, 150 ppm, 300 ppm, 600 ppm, 1200 ppm.
- Mengaduk dengan *magnetic stirrer* selama waktu kontak optimum.
- Mengambil supernatant sebanyak 30 ml pada masing-masing perlakuan.
- Menyaring dengan kertas saring dan filtratnya dianalisis dengan menggunakan AAS.

Berikut ini merupakan diagram alir prosedur biosorpsi logam berat ion Cr (VI) menggunakan jerami padi pada Gambar 1.



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

3.6 Metode Penggunaan AAS

Menurut Laboratorium Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang (2011), prosedur penggunaan AAS adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan gas dan printer
 - e. Cara membuka tabung Acetylena
 - MiCreter dibuka penuh
 - MiCreter dibuka, bila tekanan kurang dari 70 psi ganti tabung Acetylena baru.
 - MiCreter diset sampai tekanan 10 – 15 psi
 - f. Cara menyalakan kompresor
 - Stiker dimasukkan ke stop kontak
 - Putar tombol ON
 - Kompresor secara otomatis mengatur tekanan antara 50-80 psi
 - g. Cara membuka tabung N20, kalau diperlukan (pemeriksaan AL), prinsip sama dengan cara membuka (a). Tekanan miCreter diatur antara 345-520 KPA
 - h. Menyalakan printer
2. Persiapan alat AAS
 - a. Menekan tombol POWER. Tunggu sampai dilayar monitor terbaca tulisan "Perkin Elmer Model 3100"
 - b. Memasang lampu sesuai bahan yang akan diperiksa. Baca spesifikasi lampu, khususnya mA-nya. Cocokkan arah socket lampu dengan lubangnya
 - c. Set panjang gelombang dengan mengatur putaran panjang gelombang, sesuaikan dengan jenis lampunya(ex: Zn = 213,9)
 - d. Set slit sesuai dengan bahan yang diperiksa. Lihat besaran slit pada buku petunjuk (ex : Zn, slit = 0,7)

e. Menekan Param Entry :

Pada layar monitor akan timbul pertanyaan yang dijawab berurutan :

- Lam current --- 15 (utk Zn) ----- enter
- Interval time --- 0,1 atau 0,3 (utk serum Zn=0,5) ---- enter
- Replicate --- 3 atau 5
- Cal --- 1 --- enter
- Flame --- 1 --- enter
- Std 1 --- sesuai larutan standard 1 (ex : 0,10 atau ditulis 10,00)
- Std 2 --- idem
- Std 3 --- idem
- Std 4 --- idem, disebelah angka tekan enter
- RSLP --- tak perlu diisi --- enter
- SAS --- idem
- Last sample positron idem
- A sample recall positron idem
- Lamp current muncul lagi berarti selesai memasukkan param entry.

f. Menekan tombol energi, usahakan grafik CTS dan EN di layar monitor semaksimal mungkin dengan cara :

- Mengatur posisi lampu dengan memutar knop lampu 1, 3 dan memaju-mundurkan lampu
- Mengatur panjang gelombang
- Kalau grafik maks. Tekan "gain"

g. Menekan tombol "Cont" (continue)

h. Menyalakan api dengan cara :

- Memutar knob pengatur udara/gas
- Menekan pemantik sampai api menyala
- Perbandingan acetylene : udara = 2 : 4

- i. Aspirate blanko
 - j. Menekan "A/Z"
 - k. Aspirate standard
 - l. Mengatur maju-mundur, kalau perlu posisi rebuliser sampai absorpsi terbaca maksimal
 - m. AAS siap digunakan tomol "Cont dimatikan "
3. Pemeriksaan sampel
- a. Cara kerja 2a – f sama
 - b. Menekan tombol "DATA"
 - c. Menyalakan api
 - d. Aspirate blanko
 - e. Menekan tombol "A/Z"
 - f. Aspirate Standard 1 – 4, lalu tekan tombol "CALIB"
 - g. Aspirate sample 1,2,3 dst lalu tekan "READ" sampai semua sample selesai diperiksa.
4. Cara mengatur posisi BURNER
- a. Menekan tombol CONT
 - b. Menurunkan Burner semaksimal mungkin
 - c. Menekan "A/Z"
 - d. Menaikkan Burner sampai menunjuk nilai absorpsi tertentu
 - e. Menurunkan pelan-pelan samapi nilai 0
 - f. Mengatur maju-mundur posisi Burner sehingga celah burner persis di tengah sinar lampu ketoda (pakai kertas yang diberi garis tengah)
 - g. Menyalakan flame
 - h. Aspirate blanko
 - i. Menekan A / Z dan Aspirate larutan standar
 - j. Mengatur maju-mundur sampai dengan absorbansi maksimal.

3.7 Teknik Analisa Parameter Kualitas Air

3.7.1 Parameter Fisika

- **Pengukuran Suhu**

Prosedur pengukuran suhu menggunakan Termometer Hg menurut Hariyadi *et al.*, (1992) adalah sebagai berikut:

- Mencelupkan thermometer air raksa ke dalam perairan.
- Membiarkan selama 3 menit.
- Membaca skala pada thermometer ketika masih di dalam air.
- Mencatat hasil pengukuran dalam skala °C.

3.7.2 Parameter Kimia

- **Pengukuran Derajat Keasaman (pH)**

Prosedur pengukuran Derajat Keasaman (pH) menurut Zwart *et al.*, (1995), metode pengukuran pH dengan menggunakan pH meter adalah :

- Sebelum melakukan pengukuran, bilas elektroda dengan aquades dan mengeringkan dengan menggunakan tisu
- Mencelupkan elektoda pada air sampel dan membaca hasilnya setelah 30 detik.
- Pembacaan nilai pH di lokasi pengambilan sampel / segera mungkin setelah mengukur sampel.
- Menyimpan elektoda di dalam aquades, jangan biarkan kering.
- Tidak dianjurkan untuk mengawetkan sampel menggunakan bahan kimia.

3.8 Desain Penelitian

Tujuan utama yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik biosorpsi. Pada suatu karakteristik adsorpsi, kondisi yang mempengaruhi adalah waktu kontak dan konsentrasi larutan Cr (VI) yang diadsorpsi oleh biosorben jerami padi, yang nantinya akan didapat hasil laju reaksi optimum adsorpsi Cr (VI) oleh biosorben jerami padi.

Laju reaksi merupakan bentuk hubungan antara waktu optimum dan mekanisme adsorpsi. Oleh karena itu dilakukan eksperimen kinetik adsorpsi. Prinsip dasar kinetik adsorpsi adalah tercapainya waktu optimum dan dugaan mekanisme yang mendasari mekanisme adsorpsi *passive uptake* atau dapat disebut dengan pengikatan secara pasif. Sehingga agar dapat mengetahui lebih detail mengenai pengikatan secara pasif (*passive uptake*), maka dilakukan eksperimen adsorpsi isoterm.

Adsorpsi isoterm merupakan bentuk hubungan antara konsentrasi larutan Cr (VI) yang berbeda dengan kemampuan akumulasi biosorben. Kemampuan akumulasi biosorben ini melibatkan mekanisme *passive uptake* yang nantinya bisa diplotkan dengan persamaan Langmuir. Alasan utama pemilihan persamaan Langmuir karena persamaan ini mengasumsikan bahwa proses adsorpsi terbatas pada lapisan tunggal (monolayer). Agar dapat membuktikannya, dilakukanlah regresi linear sederhana antara konsentrasi keseimbangan dengan C/N. Sehingga dapat dijelaskan bahwa mekanisme adsorpsi mengikuti asumsi-asumsi yang dijelaskan oleh persamaan Langmuir.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Waktu Kontak Optimum Biosorpsi Terhadap Ion Cr (VI)

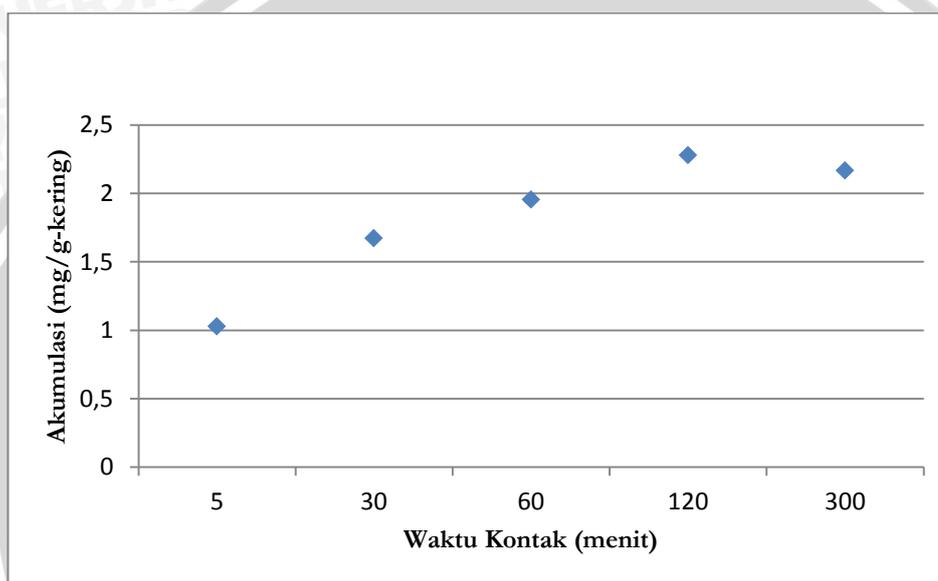
Waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Penentuan waktu kontak optimum pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui waktu optimum biosorben dalam menyerap ion Cr (VI) secara maksimum sampai dalam keadaan setimbang. Penelitian ini menggunakan variasi waktu kontak yaitu 5, 30, 60, 120, 300 menit, konsentrasi yang digunakan adalah 200 ppm, data hasil perhitungan tertera pada Lampiran 1 dan dokumentasi penelitian tertera pada Lampiran 2. Adapun hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Akumulasi Ion Cr (VI) Pada Variasi Waktu Kontak

Waktu (menit)	Konsentrasi Terukur hasil AAS (ppm)		Penyerapan (ppm)	Volume (L)	Jumlah akumulasi (mg)	Berat Adsorbat (g)	Akumulasi (mg/g-kering)
	Ulangan 1	Ulangan 2					
5	148.5	145.94	17.16	0.3	5.14	5	1.02
30	135.2	131.6	30.98	0.27	8.36	5	1.67
60	122.9	124.44	40.71	0.24	9.77	5	1.95
120	108.56	111.64	54.28	0.21	11.39	5	2.27
300	106	102.42	60.17	0.18	10.83	5	2.16

Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa nilai akumulasi ion Cr (VI) pada variasi waktu kontak yang berbeda mengalami peningkatan dengan hasil yang diperoleh pada waktu kontak 5 menit yaitu sebesar 1.02 mg/g-kering, selanjutnya pada waktu kontak 30 menit diperoleh nilai akumulasi yaitu sebesar 1.67 mg/g-kering, sedangkan pada waktu kontak 60, 120, dan 300 menit diperoleh nilai akumulasi secara berurutan yaitu 1.95 mg/g-kering, 2.27 mg/g-kering, 2.16 mg/g-kering. Semakin lama waktu kontak yang diperlakukan maka semakin besar pula nilai akumulasi ion Cr (VI) yang terserap. Waktu kontak yang lama

memungkinkan difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih banyak. Waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan logam oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam (Khasanah, 2009). Pengaruh variasi waktu kontak optimum terhadap jumlah Cr (VI) yang terserap oleh biosorben jerami padi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Waktu Kontak Optimum Biosorpsi terhadap ion Cr (VI)

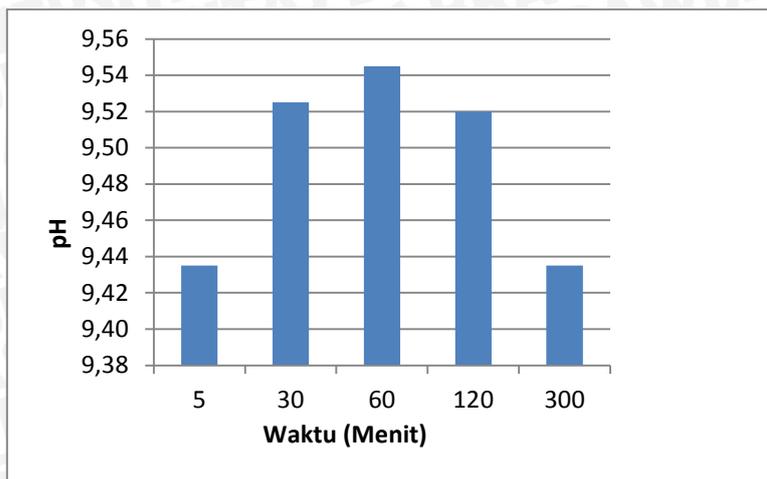
Berdasarkan Gambar 2 di atas dapat dilihat bahwasanya waktu kontak yang digunakan mulai dari waktu kontak 5 menit sampai 120 menit mengalami peningkatan, selanjutnya pada waktu kontak 300 menit hasilnya relatif sama, hal ini karena waktu kontak optimum adsorpsi telah terjadi kesetimbangan dan saat itu juga adsorbat telah masuk ke dalam pori-pori adsorben.

Waktu kontak optimum adsorpsi tercapai ketika terjadi keseimbangan antara fase permukaan (adsorbat yang diserap oleh adsorben) dengan fase ruah (adsorbat yang tersisa dalam larutan). Pada kondisi ini jumlah adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben relatif tetap terhadap waktu kontak (Herawati, 2009). Pendapat lain Devi *et al.*, (2012) menyatakan bahwa kecepatan penyerapan Cr

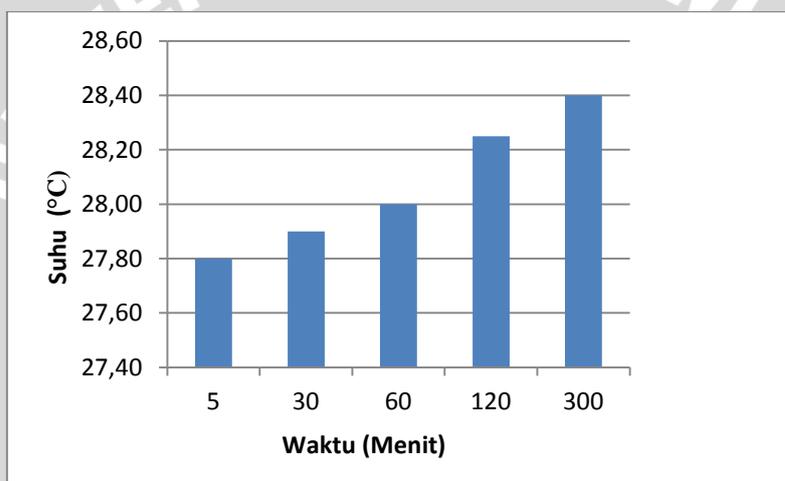
(VI) oleh adsorben lebih besar pada tahap awal kemudian secara bertahap menurun dan hampir konstan setelah mencapai waktu kontak optimal. Hal ini karena awalnya situs kosong dalam jumlah besar tersedia untuk adsorpsi dan setelah beberapa waktu situs yang tersisa mungkin sulit untuk diisi karena gaya tolak antara ion adsorbat pada padatan dan dalam larutan. Sehingga disimpulkan bahwa dalam penelitian penentuan waktu optimum telah terjadi kestimbangan dalam menyerap ion logam Cr (VI) dan diperoleh waktu kontak optimum pada waktu 120 menit dengan jumlah Cr (VI) yang terserap sebesar 2.27 mg/g-kering.

Selanjutnya pH dan suhu dilakukan pengamatan dalam penelitian ini, pH dan suhu merupakan parameter yang sangat berpengaruh dalam keaktifan adsorben dalam proses biosorpsi. Menurut Safrianti *et al.*, (2012), menyatakan derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi keasaman mempengaruhi kemampuan muatan pada situs aktif atau gugus fungsi yang mana ion H^+ akan berkompetisi dengan kation untuk berikatan dengan situs aktif adsorben. Menurut Riapanitra *et al.*, (2006), pH akan mempengaruhi muatan permukaan adsorben, derajat ionisasi dan spesi apa saja yang dapat terserap dalam adsorpsi tersebut. Nilai pH juga dapat mempengaruhi kesetimbangan kimia, baik pada adsorbat maupun pada adsorben. Selanjutnya menurut Nurhasni *et al.*, (2014), menyatakan bahwa suhu karbonisasi berpengaruh terhadap keaktifan adsorben, semakin tinggi suhu makin rendah daya serapnya.

Adapun nilai rata-rata pH dan suhu yang diperoleh pada penentuan waktu kontak optimum dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Rata-rata pH pada Variasi Waktu Kontak



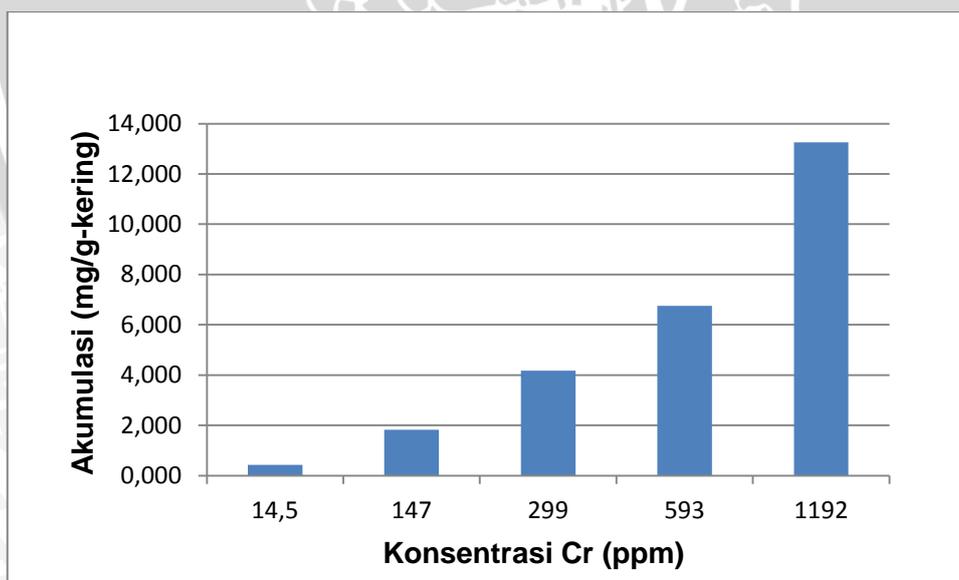
Gambar 4. Rata-rata Suhu Pada Variasi Waktu Kontak

Berdasarkan Gambar 3 dan 4 dapat dilihat bahwasanya diperoleh nilai rata-rata pH saat waktu kontak 5, 30, 60, 120, dan 300 menit secara berurutan yaitu: 9.44, 9.53, 9.55, 9.52, 9.44. Nilai rata-rata pH yang diperoleh memiliki hasil yang relatif sama yaitu dengan kondisi basa dengan kisaran 9.44 – 9.55. Nilai pH larutan yang rendah dapat menyebabkan permukaan karbon aktif terprotonasi ke tingkat yang lebih tinggi, sehingga menyebabkan interaksi pengisian ion Cr (VI) negatif ke dalam karbon aktif menjadi lebih mudah (Al indis dan Ulfin, 2013). Sedangkan rata-rata suhu saat waktu kontak 5, 30, 60, 120, dan 300 menit dengan berurutan yaitu: 27.8 °C, 27.9 °C, 28.0 °C, 28.2 °C, 28.4 °C. Begitu juga dengan nilai rata-rata suhu yang diperoleh dalam pengamatan memiliki kisaran

27.8 °C – 28.4 °C. Sehingga disimpulkan bahwasanya pH dan suhu dalam penelitian kali ini relatif tidak terlalu mempengaruhi proses biosorpsi dimana akumulasi ion mulai awal terdeteksi hingga akhir diperoleh hasil yang relatif sama.

4.2 Pengaruh Konsentrasi Awal Terhadap Akumulasi Ion Cr (VI)

Kelayakan dan efektifitas suatu proses biosorpsi tidak hanya bergantung pada waktu kontak biosorpsi, tetapi juga pada konsentrasi awal larutan ion logam. Pengujian pengaruh konsentrasi awal Cr (VI) bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi awal terhadap laju reduksi Cr (VI), sehingga konstanta laju reaksinya dapat ditentukan. Menurut Wahyuni dan Widiastuti (2010), berpendapat bahwa penyerapan ion logam oleh adsorben meningkat dengan meningkatnya konsentrasi awal ion logam, kemudian konstan setelah tercapai kesetimbangan. Pengaruh konsentrasi awal ion logam Cr (VI) dalam proses biosorpsi ditunjukkan pada Gambar 5.



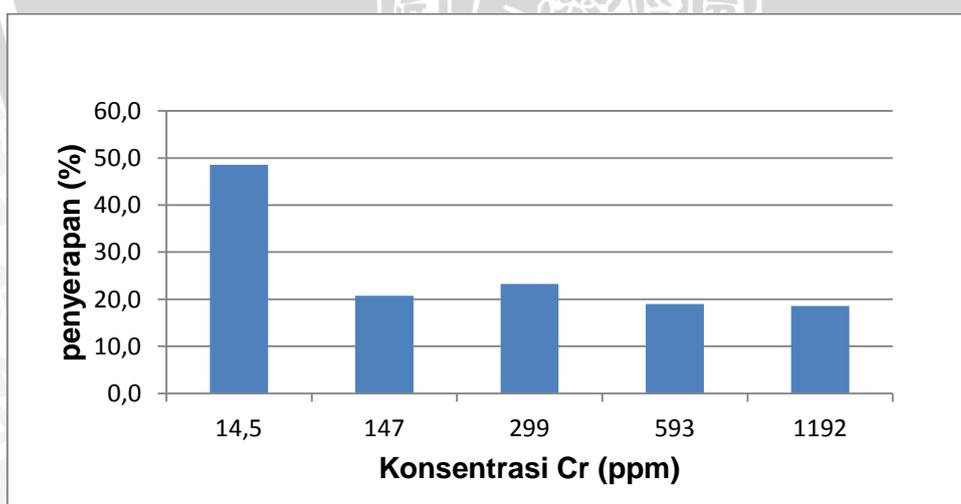
Gambar 5. Grafik Pengaruh Konsentrasi Awal Terhadap Akumulasi Ion Cr (VI)

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi Cr, maka semakin tinggi pula akumulasi ion Cr (VI) yang terserap dengan jumlah

akumulasi yang diperoleh secara berurutan yaitu 0.42 mg/g-kering, 1.83 mg/g-kering, 4.17 mg/g-kering, 6.75 mg/g-kering, 13.3 mg/g-kering. Hal ini sesuai dengan pernyataan Januarita (2003), bahwa, peningkatan konsentrasi awal larutan menyebabkan interaksi spesies Cr (VI) semakin bertambah sampai batas konsentrasi tertentu. Pendapat Syakur dan Danumulyo (2003), menyatakan bahwa semakin besar konsentrasi awal Cr (VI) berarti jumlah molekul yang berada pada larutan makin banyak dan kemampuan katalis untuk mengadsorpsi dan mereduksinya semakin kecil.

4.3 Efektifitas Penyerapan

Efektifitas penyerapan ion logam Cr (VI) oleh jerami padi memiliki perbedaan pada setiap konsentrasi yang diberikan. Menurut Kundari dan Wiyuniarti (2008), menyatakan bahwa meningkatnya konsentrasi ion logam, efektifitas penyerapanpun menjadi berkurang, hal itu dikarenakan kemampuan menyerap jerami padi terhadap ion logam Cr (VI) sudah mencapai mendekati jenuh. Hasil penelitian ini dapat disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Efektifitas Penyerapan

Berdasarkan Gambar 6 dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi konsentrasi, maka efektifitas penyerapan semakin rendah, pada penelitian ini diperoleh efektifitas penyerapan ion Cr (VI) oleh jerami padi mengalami

penurunan dengan hasil persentase secara berurutan yaitu: 48.6 %, 20.7 %, 23.2 %, 19.0 %, 18.5 %. Persentase penyerapan tertinggi yaitu pada konsentrasi 14.5 ppm dengan nilai persentase sebesar 48.6 %. Hal ini dikarenakan permukaan jerami tertutup oleh endapan yang terbentuk, sehingga mempengaruhi proses penyerapan (Wardiyati dan Lubis, 2002). Penurunan efektifitas penyerapan disebabkan karena pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah pertikel jerami padi yang tersedia sehingga permukaan jerami padi akan mencapai titik jenuh dan efektifitas penyerapan pun menjadi meningkat (Refilda *et al.*, 2001). Menurut Sembiring *et al.*, (2008), menyatakan bahwa pada permukaan adsorben terdapat situs aktif yang jumlahnya sebanding terhadap luas permukaan adsorben, sehingga bila 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 20 ppm, adsorpsi ion logam mengalami penurunan.

Penurunan kemampuan penyerapan ini dikarenakan pada konsentrasi Cr tinggi semakin banyak logam yang tidak terserap karena keadaan permukaan sel yang sudah mulai jenuh (Saefudin dan Raziah, 2007).

4.4 Isoterm Adsorpsi

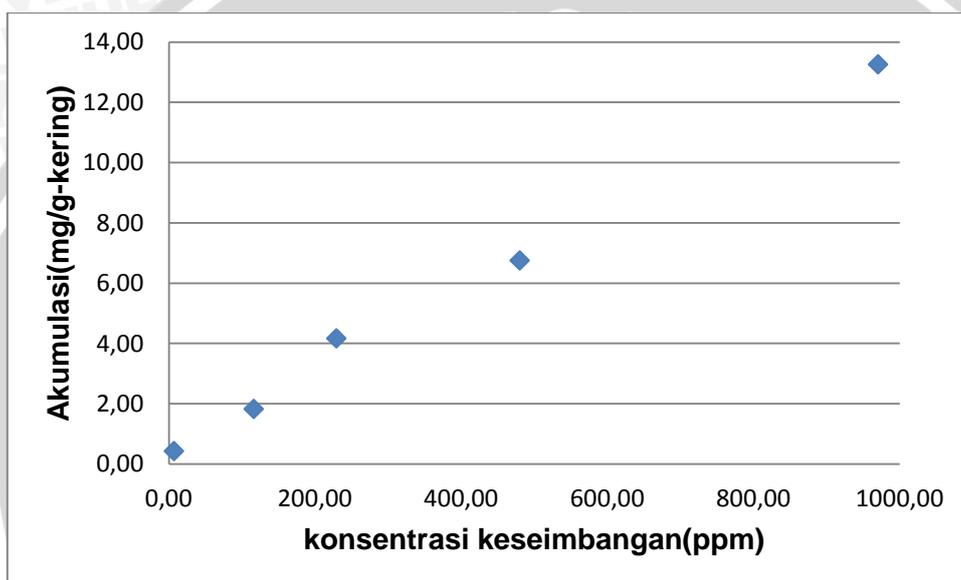
Pembuatan isoterm adsorpsi penting dilakukan karena dapat memberikan gambaran yang representatif terhadap hasil pengujian yang dilakukan. Pengujian kemampuan penyerapan Cr (VI) dengan menggunakan konsentrasi Cr yaitu 15 ppm, 150 ppm, 300 ppm dan 600 ppm 1200 ppm, oleh adsorben jerami padi dilakukan dengan waktu kontak 120 menit. Adapun data hasil perhitungan isoterm adsorpsi dengan konsentrasi yang berbeda tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Data hasil Isoterm Adsorpsi Pada Konsentrasi berbeda.

Konsentrasi Cr Target (ppm)	Konsentrasi Terukur pada AAS (ppm)	Konsentrasi (ppm)		Jumlah akumulasi (mg)	Akumulasi (mg/g-kering)	Efektifitas Penyerapan (%)	C/N
		Ulangan 1	Ulangan 2				
15	14.5	7.17	7.78	0.42	0.42	48.6	17.6
150	147	125	108	1.83	1.83	20.7	63.7
300	299	228	231	4.17	4.17	23.2	55.0
600	593	495	466	6.75	6.75	19.0	71.2
1200	1192	979	963	13.3	13.3	18.5	73.2

Berdasarkan Tabel 6 dapat dijelaskan bahwa pada konsentrasi 14.5 ppm, 147 ppm, 299 ppm, 593 ppm dan 1192 ppm diperoleh nilai akumulasi terendah pada konsentrasi 14.5 ppm dengan nilai akumulasi sebesar 0.42 mg/g-kering dan akumulasi tertinggi pada konsentrasi 1192 ppm dengan nilai akumulasi sebesar 13.3 mg/g-kering. Penelitian ini menggunakan data kesetimbangan dan biasanya data digambarkan dalam bentuk kurva isoterm adsorpsi. Pendekatan dengan model terhadap kurva isoterm dapat membantu menganalisis karakteristik isoterm berupa mekanisme interaksi adsorpsi. Adamsons (1976), menyatakan bahwa adsorpsi yang terjadi oleh materi adsorben setelah mencapai kesetimbangan, serapannya cenderung tetap atau bahkan menurun. Zat yang teradsorpsi dapat membentuk beberapa lapisan tunggal dan kondisi kesetimbangan akan tercapai segera setelah adsorben bersentuhan dengan adsorbat (Suseno, 2011). Adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Interaksi yang terjadi pada molekul adsorbat dengan permukaan diikuti lebih dari satu interaksi, tergantung pada struktur kimia masing-masing komponen (Meludzinska, 1999 dalam Nurhasni *et al.*, 2014). Isoterm adsorpsi merupakan suatu keadaan kesetimbangan yaitu tidak ada lagi perubahan konsentrasi adsorbat baik di fase terjerap maupun pada fase gas maupun fase cair (Kundari dan Wiyuniarti, 2008).

Menurut Amri *et al.*, (2004), pada permukaan adsorben terdapat situs-situs aktif bersifat homogen yang proporsional dengan luas permukaan. Masing-masing situs aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat saja sehingga adsorpsi hanya akan terbatas pada pembentukan lapisan tunggal (monolayer), sedangkan isoterm freundlich merupakan proses adsorpsi yang terjadi secara fisisorpsi banyak lapisan. Kurva isoterm adsorpsi dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Isoterm Adsorpsi

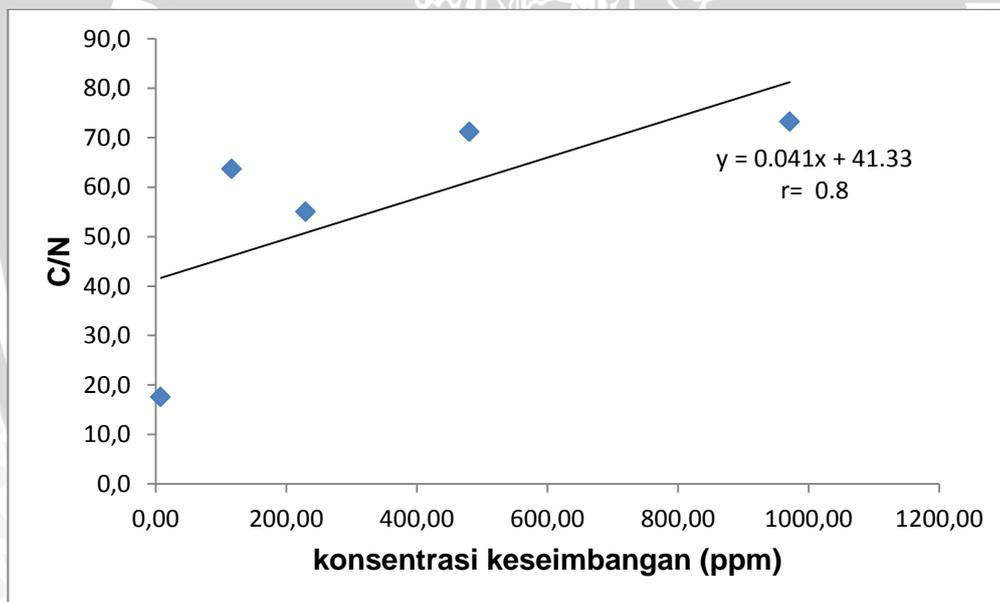
Berdasarkan Gambar 7 dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi nilai konsentrasinya maka akan semakin tinggi pula ion logam Cr (VI) yang terserap. Menurut Diantariani *et al.*, (2008), menyatakan bertambahnya konsentrasi biosorbat yang diinteraksikan, maka jumlah ion logam Cr (VI) yang terserap tiap gram akan semakin bertambah juga. Kemudian untuk memberikan hasil yang lebih jelas bagaimana adsorpsi jerami padi dalam menyerap ion Cr (VI), maka akumulasi ion Cr (VI) pada penelitian ini dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan adsorpsi Langmuir. Adapun persamaan rumus perhitungan Langmuir isoterm (Kurniawan, 2015) adalah sebagai berikut ini:

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

Keterangan:

- C = konsentrasi larutan pada kesetimbangan (mM)
- N = jumlah konsentrasi yang diadsorpsi per gram (mmol/g)
- N_{max} = kapasitas adsorpsi maksimal
- b = intensitas adsorpsi

Menurut (Langmuir dalam Amri *et al.*, 2004), pada permukaan adsorben terdapat situs-situs aktif bersifat homogen yang proporsional dengan luas permukaan. Masing-masing situs aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat saja sehingga adsorpsi hanya akan terbatas pada pembentukan lapisan tunggal (monolayer). Grafik isoterm Langmuir tertera pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Adsorpsi Isoterm Langmuir

Gambar 8 menunjukkan penyerapan ion logam Cr (VI) mengikuti model adsorpsi isoterm Langmuir, hal ini juga dibuktikan dengan uji non parametrik yaitu metode kendal's tau_b didapatkan nilai koefisien korelasi (r) = 0.8 dan metode Spearman's rho didapatkan nilai koefisien korelasi (r) = 0.9 dimana nilai r ini mendekati 1. Menurut Handayani dan Sulistiyono (2009), bahwa pengujian persamaan adsorpsi Langmuir dibuktikan dengan grafik linierisasi yang baik dan



mempunyai harga koefisien korelasi (r) mendekati angka 1. Sehingga adsorpsi Cr (VI) oleh jerami padi dalam penelitian ini bisa dijelaskan dengan model adsorpsi Langmuir. Model isoterm Langmuir mengasumsikan bahwa monolayer adsorpsi adsorbat pada permukaan adsorben memiliki spesifik area (situs) yang terbatas, dimana sekali situs adsorpsi ditempati, maka adsorpsi lebih lanjut tidak dapat terjadi pada area tersebut. Secara teoritis, apabila kejenuhan tercapai maka penerapan lebih lanjut tidak dapat terjadi lagi (Salmariza, 2012). Pemplotan C/N sebagai sumbu y dan konsentrasi keseimbangan (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 (Tsuchiya *et al.*, 2012). Pada penelitian ini dari persamaan Langmuir diperoleh nilai N_{max} sebesar 24.39 mg/g-kering.

4.5 Karakteristik Biosorpsi Ion Cr (VI) oleh Jerami Padi

Proses penyerapan ion umumnya terjadi karena adanya interaksi antara adsorbat dengan permukaan adsorben diakibatkan adanya gaya tarik menarik antar molekulnya. Sedangkan situs terjadinya proses biosorpsi pada jerami padi ini terletak pada selulosa, selulosa ini memiliki rantai polimer yang panjang diantaranya adalah karbohidrat polisakarida betaglukosa dan gugus fungsi-gugus fungsi lain yang terdapat didalamnya, salah satu gugusnya adalah gugus hidroksil (OH) yang membuat selulosa poliol dengan gugus fungsi alkohol primer ($-CH_2OH$) atau sekunder ($-CHOH$) sehingga pada akhirnya proses biosorpsi terjadi pada material selulosa.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa mekanisme biosorpsi ion Cr (VI) oleh jerami padi merupakan penyerapan melalui pengikatan pasif. Pengikatan pasif merupakan penyerapan terjadi pada permukaan dinding sel dan permukaan eksternal lainnya melalui mekanisme kimia dan fisika seperti pertukaran ion, pembentukan kompleks, dan adsorpsi secara keseluruhan,

Jerami padi mengandung senyawa-senyawa selulosa, lignin, lemak dan protein, dengan komponen utamanya adalah selulosa.

Menurut Israel *et al.*, (2008), menyatakan bahwa selulosa adalah polimer rantai panjang karbohidrat polisakarida betaglukosa dan gugus fungsi-gugus fungsi yang ada dalam selulosa murni adalah hidroksil (OH) yang membuat selulosa poliol (polyol) dengan gugus fungsi alkohol primer (-CH₂OH) / sekunder (-CHOH) sehingga dapat terjadi adsorpsi pada material selulosa. Menurut Dewi (2012), mengatakan bahwa 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 menjerap ion logam secara fisika. Jerami padi merupakan salah satu adsorben yang memiliki komponen utamanya adalah selulosa, selulosa merupakan kandungan yang paling tinggi pada jerami padi yaitu sekitar 28 – 36 %. Pendapat lain Wardiati dan Wildan (2002), menyatakan bahwa jerami padi memiliki beberapa kandungan terdiri dari lignin 12 – 14 %, selulosa 28 – 36 %, pentosan 23 – 25 % dan kadar abu 14 – 20 %. Menurut Suprayono (1994) dalam Safrianti *et al.*, (2012), kandungan selulosa pada jerami padi cukup besar yaitu sekitar 39 %.

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, karbon aktif, silika gel, dan zeolit. Adsorben tersebut mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik tetapi tidak ekonomis. Dewasa ini sedang digalakkan penelitian mengenai penggunaan adsorben alternatif yang berasal dari alam, dimana selain memiliki kemampuan adsorpsi yang baik juga bersifat lebih ekonomis (Jalali *et al.*, 2002). Selama beberapa dekade penelitian telah dilakukan secara mendalam untuk mengembangkan material adsorben yang inovatif dan menjanjikan untuk

memecahkan masalah kontaminan limbah cair industri. Hal tersebut mendorong para peneliti untuk mencari bahan yang lebih efisien, ekonomis dan praktis, salah satunya adalah jerami padi dari limbah pertanian yang merupakan sumber adsorben baru dan murah (Mahvi *et al.*, 2004).

Penggunaan adsorben jerami padi lebih efisien dan ekonomis dibandingkan dengan biosorben lainnya. Menurut Igwe dan Abia (2006), karbon aktif hanya dapat menghilangkan sekitar 30 – 40 mg/g Cd, Zn dan Cr serta termasuk adsorben yang tidak bisa diregenerasi. Alternatif adsorben selain karbon aktif adalah alumina aktif, silika gel dan zeolit. Bahan-bahan ini bersama-sama dengan berbagai proses pengolahan biasanya digunakan untuk menghilangkan logam berat yang ada dalam limbah cair. Namun pemakaian adsorben-adsorben ini juga masih kurang efektif dan relatif mahal. Selain itu penelitian yang telah dilakukan Rahmah *et al.*, (2011), menyatakan bahwa ion Cr (VI) yang paling banyak diserap oleh tanah diatomeae adalah sebesar 2.08 mg/g dengan waktu kontak selama 2 jam. Jerami padi mampu menyerap ion Cr (VI) sebesar 2.27 mg/g-kering pada waktu kontak 120 menit. Pada penelitian ini efektifitas penyerapan ion Cr (VI) oleh jerami padi secara maksimum mampu menyerap 48.6 % dengan konsentrasi 15 ppm dibandingkan penelitian Aji dan Kurniawan (2012), yang menyatakan bahwa efektifitas penyerapan logam berat Cr (VI) dengan menggunakan biji salak memiliki nilai efektifitas 37.7 % pada konsentrasi yang sama. Menurut Nurfitriyani *et al.*, (2013), mengatakan efektifitas penyerapan Cr (VI) dengan tempurung kelapa secara kontinyu diperoleh hasil yang terbesar adalah 39.35 %.

Setiap adsorben memiliki karakter yang berbeda-beda, tergantung kandungan yang terdapat dalam adsorben tersebut sehingga untuk biosorpsi logam berat menggunakan adsorben masih perlu dikembangkan lagi. Berdasarkan penelitian ini, bisa dikatakan bahwa jerami padi sudah mampu

menyerap logam berat Cr (VI). selama ini jerami padi dianggap sebagai limbah pertanian sehingga sangat mudah didapatkan dan penggunaan adsorben ini memerlukan biaya yang murah. Adsorben jerami padi ini dapat diaplikasikan untuk pengelolaan limbah logam berat seperti untuk pengelolaan limbah pabrik penyamakan kulit, pengelolaan air untuk pengairan tambak dan pengelolaan limbah industri. Tentunya dengan penyempurnaan prosedur agar mencapai penyerapan yang optimal.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa :

- ✓ Berdasarkan variasi waktu kontak, pada waktu kontak 5 menit, 30 menit dan 60 menit jumlah logam berat Cr (VI) yang terserap jerami padi mengalami peningkatan, kemudian pada waktu kontak 120 menit dan 300 menit nilai akumulasi logam Cr (VI) yang terserap relatif sama, dengan waktu kontak optimum adalah 120 menit dengan akumulasi 2.27 mg/g-kering.
- ✓ Berdasarkan perbandingan variasi konsentrasi, efektifitas penyerapan ion Cr (VI) dengan menggunakan jerami padi diperoleh persentase penyerapan tertinggi yaitu pada konsentrasi 14.5 ppm dengan nilai persentase sebesar 48.6 %.
- ✓ Karakteristik penyerapan logam berat oleh jerami padi terjadi secara fisika-kimia melalui mekanisme pengikatan pasif yang mana terjadi penyerapan logam berat Cr (VI) terletak pada permukaan jerami padi.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan konsentrasi logam berat Cr (VI) yang lebih tinggi untuk mengetahui kemampuan maksimum Jerami padi dalam menyerap logam berat Cr (VI).

DAFTAR PUSTAKA

- Adamsons, W.A. 1976. *Physical Chemistry Of Surface Interscience*, New York.
- Aji, B.K dan F. Kurniawan. 2012. Pemanfaatan Serbuk Biji Salak (*Salacca Zalacca*) Sebagai Adsorben Cr (VI) dengan Metode Batch dan Kolom. *Jurnal Sains dan Pomits*. 1 (1).
- Al Indis, N dan I, Ulfin. 2013. Adsorpsi Ion Cr (VI) Menggunakan Karbon Aktif yang Terbuat dari Tempurung Biji Nyamplung. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 1 (3).
- Agung, D. P. 2007. Studi Kemampuan Adsorpsi Biomassa Daun Rumput Gajah (*penissetum purpureum*) terhadap Cr (VI). Tugas Akhir Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan. Universitas Brawijaya Malang, Malang.
- Amaliah, R., N. La Nafie dan S. Fauziah. 2012. Pemanfaatan Karang sebagai Biosorben Ion Logam Ni (11). *Marina Chimica Acta*. 13 (2).
- Amri, A., Supranto dan M. Fahrurozi 2004. Keseimbangan Adsorpsi Optimal Campuran Biner Cd (II) dan Cr (III) dengan Zeolit Alam Terinpregnasi 2-merkaptobenzotiazol. *Jurnal Natur Indonesia*.
- Apriliani, A. 2010. Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air Limbah. Laporan Skripsi Fakultas Sains dan Tekhnologi: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Cossich., C.R.G. Tavares and T.M.K. Ravagnani. 2002. Biosorption of Chromium (III) by *Sargassum* sp. Biomass. *Universidad Catolica de Valparaiso Chile*. 5 (2).
- Danarto, Y.C. 2007. Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cr (VI) dengan Adsorben Pasir yang dilapisi Besi Oksida. Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknis UNS. 6 (2).
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Devi, B.V., A.A. Jahagirdar dan M.N.Z. Ahmed. 2012. Adsorption Of Chromium On Activated Carbon Prepared From Coconut Shell. *Research And Applications (IJERA)* 2 (5): 364 – 370.
- 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 (*Euheuma Spinosum*). *Jurnal kimia*. 2 (1).

- Duruibe, J.O., M.O.C. Ogwuegbu and J.N Egwurugwu. 2007. Heavy Metal Pollution and Human Biotoxic Effects. *International Journal of Physical Sciences*. 2 (5): 1 – 7.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Penerbit Kanisius: Yogyakarta.
- El Baidho, Z., T. Lazuardy., S. Rohmania dan I. Hartati. 2013. Adsorpsi Logam Berat Pb dalam Larutan Menggunakan Senyawa Xanthate Jerami Padi. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim : Semarang.
- Handayani, M dan E. Sulistiyono. 2009. Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR-BATAN
- Hariani, P.L., N. Hidayati dan M. Oktaria. 2009. Penurunann Konsentrasi Cr (VI) dalam Air dengan Koagulan FeSO₄. *Jurnal Penelitian Sains*. 12 (2).
- Hariyadi, S., I. N. N. Supriyadiputra dan B. Widigodo. 1992. *Limnologi*. Institut Pertanian Bogor. Fakultas Perikanan.
- Herawati, M. D. R. Asmuni dan P. P. Widodo. 2009. Produksi Isopropil Alkohol Murni untuk Aditif Bensin yang Ramah Lingkungan Sebagai Wujud Pemanfaatan Produk Samping Pada Industri Gas Alam. *Jurnal Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang, Malang*.
- Herawati, D.A dan A. A. Wibawa. 2010. Pengaruh Preatment Jerami Padi Pada Produksi Biogas dari Jerami Padi dan Sampah Sayur Sawi Hijau Secara Batch. *Jurnal Rekayasa Proses*. 4 (1).
- Igwe, J. C dan A.A. Abia. 2006. A Bioseparation Process for Removing Heavy Metals From Waste Water Using Biosorbents. *African Journal of Biotechnology*. 5 (12): 1167 – 1179.
- Israel, A.U., I.B. Obot., S.A. Umorem., MK. Pennie dan J.E. Asuquo. 2008. Production Of Cellulosic Polimers From Agricultural Wastes. *Ejournal Of Chemistry*. 5 (1).
- Istijanto. 2005. *Aplikasi Praktis Riset Pemasaran*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Januarita, R. 2003. Adsorption Of Cr (VI) On Black Water. *Indonesian Journal Of Chemistry*. (3) 3: 169 – 175.
- Jalali, R., Ghafurian, H., Davarpanah, S.J and S. Sepehr. 2002. Removal and Recovery of Lead Using Non Living Biomass of Marine Algae. *Journal of Hazardous Material B92*. 253 – 262.
- Kargi, F and S. Cikla. 2006. Biosorption of Zinc (II) Ions onto Powdered Waste Sludge (PWS) : Kinetics and Isotherms. *Enzyme and Mikrobial. Technol*. 38: 705 – 710.
- Khasanah. 2009. Adsorpsi Logam Berat. Oseana.

- Koesnarpadi, S. 2007. Biotransformasi kromium (VI) oleh bakteri *Pseudomonas putida*. *Jurnal Kimia Mulwarman*. 5 (1).
- Kriswiyanti, E. A dan Y. C. Danarto. 2007. Model Kesetimbangan Adsorpsi Cr dengan Rumput Laut. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas UNS. *Ekuilibrum*. 6 (2).
- Kumar, P. S., K. Ramakrishnan, S. D. Kirupha dan S. Sivanesan. 2010. Thermodynamic and Kinetic Studies of Cadmium Adsorption from Aqueous Solution onto Rice Husk, Brazilian. *Journal of Chemical Engineering*. 27(2): 1 – 9.
- Kundari, N. A dan S. Wiyuniarti. 2008. Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit, Yogyakarta: Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir.
- Kurniawan, A. 2015. *Bahan Ajar Biokimia*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Malang.
- Laboratorium Farmakologi Fakultas Kedokteran. 2011. Intruksi Kerja Penggunaan AAS (*Atomic Absorption Spektrometer*) PERKIN ELMER 3100. Universitas Brawijaya. Malang.
- La Nafie, N., Taba, P., Fauziah S dan Gulam, A. M. 2007. Biosorpsi Ion Logam Cu (III), Cd (II), and Pb (II) oleh Biomassa Lamun Kering *Enhalus acoroides* yang Terdapat di Kepulauan Spermonde. *Torani Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan* (17) 4: 321 – 330
- Mahvi, A. H., A. Maleki dan A. Eslami. 2004. Potential of Rice husk and Rice Husk Ash for Phenol Removal in Aqueous System. *American Journal Of Applied Sciences*:1 (4): 321 – 3226.
- Malhotra, N.K. 2006. *Marketing Research*. London: Prentice Hall. International, Inc.
- Nurhasni, 2002. Penggunaan Genjer (*Limnocharis Flava*) Untuk Menyerap Ion Kadmium, Kromium, dan Tembaga Dalam air Limbah, *Tesis Padang: Universitas Andalas*.
- Nurhasni., Hendrawati dan N. Sanniyah. 2014. Sekam Padi Untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah. 3 (2).
- Nurfitriyani, A., E. Wardhani dan M. Dirgawati. 2013. Penentuan Efektifitas Penyisihan Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) dengan Adsorpsi menggunakan Tempurung kelapa secara kontinyu. *Jurnal Online Institut Tekhnologi Nasional*. 2 (1).
- Prasasti, D., S. Juari dan S. Sudiono. 2012. Studi Kapasitas Adsorpsi Reduksi Ion Au (III) Pada Asam Humat Hasil Isolasi Dari Tanah Gambut Rawa Pening. *Jurnal Ilmiah Kefarmasian*. 2 (2).
- Purnomo T, M. 2007. Analisis Kandungan Timbal pada Ikan Bandeng di Tambak Kecamatan Gresik, *Neptunus*. 14 (1): 68 – 77.

- Rahmah., Ramlawati dan S. Side. 2011. Kapasitas Adsorpsi Tanah Diatomae (*Diatomaeceous earth*). *Jurnal Chemica*. 12 (1).
- Rahmawati, E dan L. Yuanita. 2013. Adsorpsi Pb^{2+} Oleh Arang Aktif Sabut Siwalan (*Borassus Flabellifer*). *UNESA Journal Of Chemistry*.2 (3).
- Refilda., R. Zein dan Rahmayeni. 2001. Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Penyerap Sintetik Logam-logam Berat Pada Air Limbah. *Skripsi, Padang: Universitas Andalas*.
- Riapanitra, A., T. Setyaningtyas dan K. Riyani. 2006. Penentuan Waktu kontak dan Ph Optimum Penyerapan Metilen Biru dengan Menggunakan Sekam Padi. Jurusan Kimia. Program Sarjana MIPA Unesoed: Purwokerto.
- Saefudin dan A.Z. Raziah. 2007. *Removal of Heavy Metals From Industrial Effluent Using Saccharomyces cerevisiae Immobilised*. University Tenaga Nasional Malaysia.
- Safrianti, I., Nelly, W dan T. A. Zaharah. 2012. Adsorpsi Timbal (II) Oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH dan Waktu Kontak. *JKK*. 1 (1).
- Salmariza. 2012. Pemanfaatan Limbah Lumpur Proses Activated Sludge Industri Karet Remah Sebagai Adsorben. *Jurnal Riset Industri*. 6 (2).
- Sembiring, Z., Suharso., Regina., F. 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.
- Setyaningtyas, T., Zufahir dan Suyata. 2005. Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben Kadmium (II) dalam Pelarut Air. *Majalah Kimia Universitas Jenderal Soedirman*. 31 (1): 33 – 41.
- Soegoto, E.S. 2008. *Marketing Research. The Smart Way to Solve A Proble*. Penerbit : PT. Argomedia Pustaka. Jakarta Selatan.
- Soeprijanto., A. Elsony dan Sulistyowati. 2005. Kinetika Biosorpsi Ion Logam Berat Cr (VI) Menggunakan Biomassa *Saccharomyces Cerevisiae*. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*.4 (1): 183 – 190.
- Srivastava, S. and P. Goyal. 2010. *Novel Biomaterials Decontamination of Toxic Metals from Wastewater*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Sudiarta, I. W dan E. Sahara. 2011. Biosorpsi Cr (III) pada Biosorben Serat Sabut Kelapa Teraktivasi Sodium hidroksida (NaOH). *Jurnal Kimia*. 5(2): 133 – 142.
- Sukardi. 2003. *Metodologi Penelitian Pendidikan (Kompetensi dan Praktiknya)*. Jakarta: Bumi Aksara.

- 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. *Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor*
- Suseno, H. P. 2011. Model Adsorpsi Mn^{+2} , Cd^{+2} , dan Hg^{+2} dalam Sistem Air-Sedimen di Sepanjang Sungai Code, Yogyakarta. *Jurnal Teknologi*. 4 (2).
- Syakur, S.R dan W. Danumulyo. 2003. Pengolahan Limbah Logam Berat Chromium (VI) dengan Fotokatalis TiO_2 . *Makara Teknologi*. 7 (1).
- Syarief. 2010. Pengaruh Konsentrasi Adsorbat, Temperatur, dan Tegangan Permukaan dan Tegangan Permukaan Pada Proses Adsorpsi Gliserol Oleh Alumina. *Skripsi Universitas Sebelas Maret: Surakarta*.
- Tsezos, M. 2003. *Biosorption of Lanthanides, Actinides, and Related Materials, dalam John Wase & Christopher Foster (ed), Biosorbents for Metal ons*. London: Taylor & Francis, Ltd.
- Tsuchiya, Y.M., A.Ikenaga., A.Kurniawan., T.Hiraki., R.Arakawa., Kusakabe and H.Morisaki. 2012. Nutrient Rich Microhabitat within Biofilm are Synchronised With the External Environment. *Ritsumeikan*. 2(1): 43-51
- Vieira, R.H.S.F dan B.J. Volesky. 2000. Biosorption: a Solution to Pollution? *International Microbial* 3.17 – 24.
- Wahyuni, S dan N. Widiastuti. 2010. Adsorpsi Ion Logam Zn (II) Pada Zeolit A Yang Disintesis Dari Abu Dasar Batu Bara PT. Ipmomi Paiton Dengan Metode Batch. *Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Wardiyati, S dan W. Z. Lubis. 2002. Pemanfaatan Jerami Untuk Penyerapan Logam Berat Timbal (Pb). Prosiding Pertemuan Ilmiah Ibnu Pengetahuan dan Teknologi Bahan (P3IB): BATANG.
- Yulianti W., Helmiyati dan A. Saefumillah. 2012. Kinetika Adsorpsi Ammonium dari Kapolimer Selulosa Jerami Padi dengan Asam Akrilat dan Akri Lamida. *Jurnal Biofisika*. 8 (2): 8 – 16
- Zwart, de., R.C. Trivedi and H.A.M de Krutjff. 1995. *Manual of Intregated Water Quality Evaluation RIUVM*: Natherland.

Lampiran 1. Data Perhitungan Kinetik dan Adsorpsi Isoterm

A. Kinetik Adsorpsi

Perlakuan Waktu (ppm)	Konsentrasi Terukur (ppm)		Rata-rata	Penyerapan (ppm)	Volume (L)	Jumlah akumulasi (mg)	Berat Adsorbat (g)	Akumulasi (mg/gr-kering)
	Ulangan 1	Ulangan 2						
5	148.5	145.94	147.22	17.16	0.3	5.14	5	1.02
30	135.2	131.6	133.4	30.98	0.27	8.36	5	1.67
60	122.9	124.44	123.67	40.71	0.24	9.77	5	1.95
120	108.56	111.64	110.1	54.28	0.21	11.39	5	2.27
300	106	102.42	104.21	60.17	0.18	10.83	5	2.16

B. Adsorpsi Isoterm

Konsentrasi Target (ppm)	Konsentrasi Hasil AAS (ppm)	Konsentrasi Terukur (ppm)		Rata-rata	Penyerapan (ppm)	Volume (L)	Jumlah akumulasi (mg)	Berat Adsorbat (g)	Akumulasi (mg/g)	Efektifitas Penyerapan (%)	C/N
		Ulangan 1	Ulangan 2								
15	14.5	7.17	7.78	7.48	7.1	0.06	0.42	1	0.42	48.6	17.6
150	147	125	108	116.5	30.5	0.06	1.83	1	1.83	20.7	63.7
300	299	228	231	229.5	69.5	0.06	4.17	1	4.17	23.2	55.0
600	593	495	466	480.5	112.5	0.06	6.75	1	6.75	19.0	71.2
1200	1192	979	963	971	221	0.06	13.3	1	13.3	18.5	73.2

Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian

No.	Gambar	Keterangan
1		<p>Penimbangan Kcr_2O_7</p>
2		<p>Pembuatan Larutan Cr (VI)</p>
3		<p>Pengadukan Larutan Cr (VI) menggunakan <i>magnetik stirrer</i> (Kontrol)</p>

No	Gambar	Keterangan
4		<p>Pengadukan Larutan Cr (VI) dengan adsorben menggunakan <i>magnetik stirrer</i></p>
5		<p>Pengukuran pH dan Suhu</p>
6		<p>Penyaringan sampel Cr (VI)</p>