

TESIS
STUDI PENGARUH CAMPURAN MAHKOTA DEWA DAN
BENTONIT SEBAGAI ADSORBEN TERHADAP TINGKAT
PENYERAPAN LOGAM KROM
DARI LIMBAH CAIR ELEKTROPLATING



ANDRE TAUFIK KURNIAWAN
NIM. 03012681721008

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020

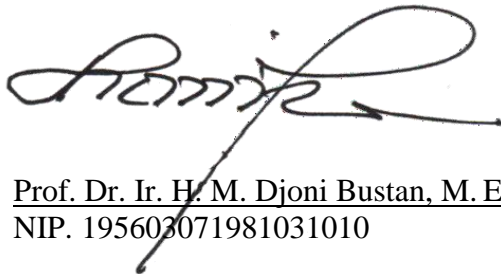
HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI PENGARUH CAMPURAN MAHKOTA DEWA DAN
BENTONIT SEBAGAI ADSORBEN TERHADAP TINGKAT
PENYERAPAN LOGAM KROM DARI LIMBAH CAIR
ELEKTROPLATING**

TESIS

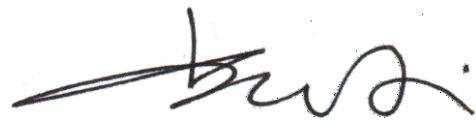
**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Master Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Palembang, Januari 2021
Menyetujui,
Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. H. M. Dioni Bustan, M. Eng
NIP. 195603071981031010

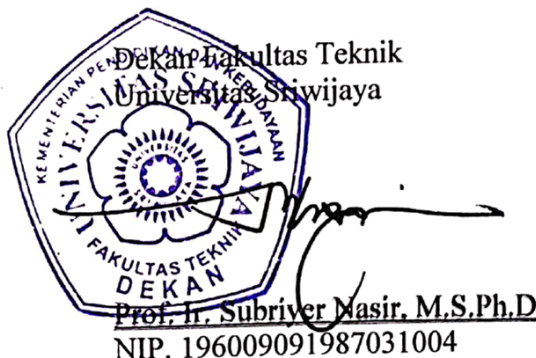
Pembimbing II



Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA
NIP. 195610241981032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S.Ph.D
NIP. 196009091987031004

Kordinator Program Studi
Magister Teknik Kimia



Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 198010312005011003

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis berupa Tesis ini dengan judul “Studi Pengaruh Campuran Mahkota Dewa dan Bentonit Sebagai Adsorben Terhadap Tingkatan Penyerapan Logam Krom Dari Limbah Cair Elektroplating” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada 22 Desember 2021.

Palembang, 22 Desember 2021

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tesis

Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. H. M.Said,M.Sc
NIP. 196108121987031003

()

Anggota :

1. Dr. David Bahrin,S.T.,M.T.
NIP.198010312005011003
2. Hermansyah, S.Si.,M.Si.,Ph.D
NIP.197111191997021001
3. Dr.rer.nat Risfidian Mohadi,S.Si.,M.Si
NIP.197711272005011003

()

()

()

Mengetahui,


Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Prof. H. Subriyer Nasir, M.S.Ph.D
NIP. 196009091987031004

Kordinator Program Studi
Magister Teknik Kimia



Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 198010312005011003

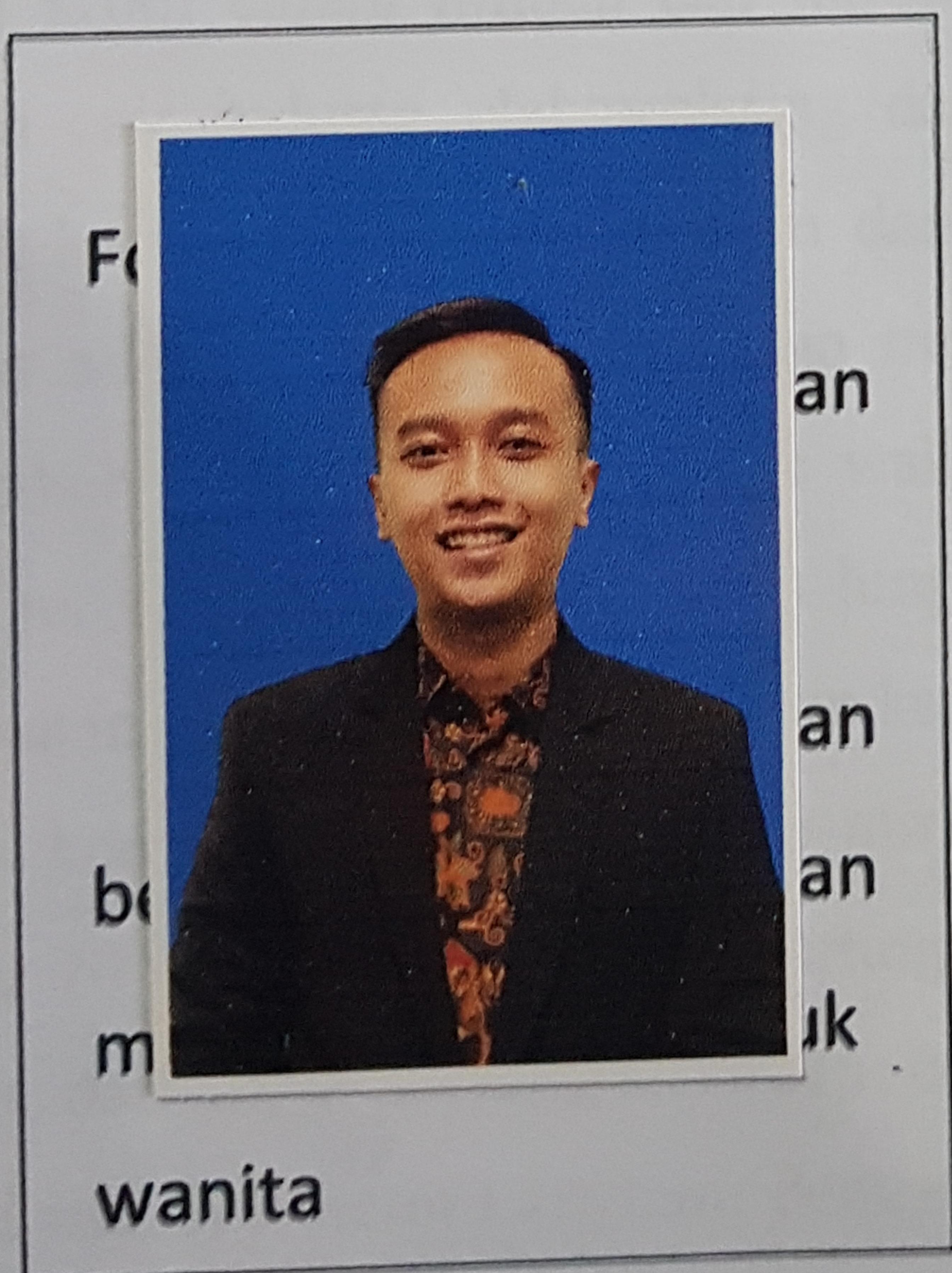
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andre Taufik Kurniawan
NIM : 03102681721008
Judul : Studi Pengaruh Campuran Mahkota Dewa dan Bentonit Sebagai Adsorben Terhadap Tingkat Penyerapan Logam Krom dari Limbah Cair Elektroplating

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, 15 Januari 2021



Andre Taufik K
03102681721008

RINGKASAN

STUDI PENGARUH CAMPURAN MAHKOTA DEWA DAN BENTONIT SEBAGAI ADSORBEN TERHADAP TINGKAT PENYERAPAN LOGAM KROM DARI LIMBAH CAIR ELEKTROPLATING

Andre Taufik Kurniawan, Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H.M. Djoni Bustan, M.Eng.IPU dan Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA.IPU

STUDI PENGARUH CAMPURAN MAHKOTA DEWA DAN BENTONIT SEBAGAI ADSORBEN TERHADAP TINGKAT PENYERAPAN LOGAM KROM DARI LIMBAH CAIR ELEKTROPLATING

53 halaman, 5 Tabel , 15 Gambar, 3 Lampiran

RINGKASAN

Banyak metoda yang telah digunakan untuk memisahkan krom dari limbah cair tersebut diantaranya resin penukar ion, perlakuan kimia dan biosorpsi. Biosorpsi adalah suatu proses dimana material padat bahan alam digunakan untuk menyerap logam berat yang terlarut dalam limbah cair. Penelitian ini difokuskan pada pemanfaatan adsorben dari campuran mahkota dewa dan bentonit dengan perbandingan massa 2:1, sebagai penyerap logam krom dalam limbah cair industri elektroplating. Sampel yang digunakan adalah limbah cair industri elektroplating dan limbah cair sintesis. Variabel yang digunakan adalah konsentrasi krom sebelum dan sesudah perlakuan, waktu kontak, laju alir, dan ukuran adsorben. Hasil percobaan memperlihatkan bahwa jumlah krom yang terserap bertambah dengan bertambahnya waktu kontak. Pengurangan konsentrasi krom secara cepat terjadi pada rentang waktu hingga 60 menit. laju alir juga berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi krom makin kecil laju alir makin banyak krom yang terserap. Pada waktu kontak 60 menit dan laju alir 1,7 mL/det krom yang terserap sudah mencapai sekitar 70 %. Penyerapan krom tertinggi terjadi pada waktu kontak 50 menit, laju alir 1,7 ml/det, dan tinggi packing adsorben 60 cm adalah 33,74 %. Model Isoterm adsorpsi yang sesuai adalah Isoterm Langmuir dengan nilai kelinearan 0,932.

Kata kunci : Biosorpsi, Mahkota dewa, Krom heksavalen, Elektroplating, Isoterm Adsorpsi.

SUMMARY

STUDY OF THE EFFECT MIXTURE MAHKOTA DEWA AND BENTONITE AS AN ABSORBENT FOR THE ABILITY ADSORPTION OF HEXAVALENT CHROMIUM WITH ELECTROPLATING FROM THE LIQUID WASTE

Andre Taufik Kurniawan, Supervised by Prof. Dr. Ir. H.M. Djoni Bustan, M.Eng.IPU dan Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA.IPU

STUDY OF THE EFFECT MIXTURE MAHKOTA DEWA AND BENTONITE AS AN ABSORBENT FOR THE ABILITY ADSORPTION OF HEXAVALENT CHROMIUM WITH ELECTROPLATING FROM THE LIQUID WASTE

53 Page, 5 Table , 15 Picture, 3 Appendix

SUMMARY

Many methods have been used to separate the chromium from the wastewater, such as ion exchange resins, chemical treatment, and biosorption. Biosorption is a process in which solid natural resources are used for adsorption heavy metals dissolved in the wastewater. This research has focused on the utilization of adsorbent from a mixture of Mahkota Dewa (*Phaleria macrocarpa*) and bentonite with mass ratio 2:1. As an adsorber of chromium in electroplating industry wastewater. The sample used was the electroplating industry wastewater and synthesis sample. The variable used in the research is the concentration of chromium before and after treatment, contact times, flow rate, and size of the adsorbent. Experimental results show that the amount of chromium adsorbed increases with increasing contact time. Rapid reduction of chromium concentrations occur at regular intervals up to 50 minutes, flow rate also influenced the decrease in chromium concentrations, the smaller flow rate the greater chromium can adsorb. Analysis of liquid waste using a spectrophotometer. The high chromium removed occurs of contact time 50 minutes, flow rate 1,7 mL/s, and 2,3 mL/s, and high adsorbent packing 60 cm is 33,74 % with a maximum adsorption capacity. Adsorption isotherm model appropriate for this research is Langmuir Isotherm with a linear value of 0,932.

Keywords : Biosorpsi, Mahkota dewa, Krom heksavalen, Electroplating, Isoterm Adsorpsi.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan YME dimana atas berkat dan rahmat-NYA maka penulis dapat menyelesaikan Tesis ini dengan judul : "Pengaruh Campuran Mahkota Dewa dan Bentonit Sebagai Adsorben Terhadap Tingkat Penyerapan Logam Krom Heksavalen dari Limbah Cair Elektroplating".

Proposal penelitian ini disusun sebagai persyaratan didalam menyelesaikan Studi di Pascasarjana guna mendapat gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Kimia, Bidang Kajian Utama Teknologi Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya Palembang.

Dengan selesainya penyusunan Tesis ini, maka penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Ibu Dr. Ir H.M. Djoni Bustan, M.Eng dan Ibu Dr. Ir Hj. Sri Haryati, DEA., selaku pembimbing Tesis, dan yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan dan perancangan tesis ini. Serta semua pihak yang telah banyak membantu baik moril maupun materil khususnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Dr. David Bahrin, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Kimia.
4. Seluruh staff dosen dan karyawan Program Studi Teknik Kimia Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya.
5. Kombespol I Nyoman Sukena, S.Ik dan Kombespol Haris Aksara, S.H., selaku Mantan Kabidlabfor Polda Sumsel.
6. AKBP I Made Swetra, S.Si., M.Si., selaku Mantan Kasubbid Narkobafor
7. Linda Claudia, S.T., selaku Penyedia Bahan Baku Limbah Elektroplating.
8. Fahmi Muhammad, S.T., selaku Kurir Bahan Baku Limbah Elektroplating.
9. Orang tua, Istri, Anak, Saudara dan Teman-teman, yang selalu memberikan bantuan dan dukungannya.

10. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Kimia terutama rekan-rekan sejawat di Bengkel Teknik Kimia Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya beserta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tesis ini.

Dalam penyusunan Tesis ini penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan, hal tersebut dikarenakan masih terbatasnya pengetahuan yang dimiliki oleh penulis, oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari para pembaca demi kesempurnaan Tesis tersebut.

Semoga bantuan, bimbingan, saran dan masukan dari semua pihak yang diberikan kepada penulis mendapat berkah dari Allah SWT. Akhir kata penulis mengharapkan semoga Tesis ini dapat bermanfaat.

Palembang, Januari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
RINGKASAN	v
SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR TABEL...	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
BAB. I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
10.2. Rumusan Masalah	3
10.3. Tujuan	4
10.4. Manfaat	4
BAB. II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Sejarah Penelitian	5
2.2. Pengertian Adsorpsi	8
2.3. Keseimbangan Adsorpsi Isoterm	11
2.4. Biosorpsi	14
2.4.1. Mekanisme Proses Biosorpsi	14
2.5. Adsorbat	15
2.6. Adsorben.	17
2.6.1. Penggolongan Adsorben...	17
2.7. Limbah Logam krom	19
2.8. Industri Penghasil Limbah Logam krom	21
2.8.1. Industri Pelapisan Logam...	21
2.9. Pengaruh Limbah Cair Industri di Perairan	22
2.10. Teknik Pemisahan Limbah Cair Mengandung Logam Berat	23
2.11. Mahkota Dewa sebagai Adsorben	24
2.11.1. Morfologi Tumbuhan...	24
2.11.2. Kandungan Kimia	25
2.11.3. Manfaat Zat Aktif Buah Mahkota Dewa	25
2.12. Tanin...	25
2.12.1. Sumber Tanin	27
2.12.2. Sifat-Sifat Tanin Tumbuhan...	27
2.13. Bentonit...	28

2.14. Metode Pengukuran Kadar Logam Kromium	31
2.14.1. Metode Analisis Pengaktifan Neutron (APN)	31
2.14.2. Metode Spektrofotometri Serapan Atom	32
2.14.3. Hukum Dasar Penyerapan.....	32
2.14.4. Peralatan Spektrofotometer Serapan Atom	34
2.14.5. Jenis-Jenis Spektrofotometri	34
2.14.6. Prosedur Analisis	35
2.14.7. Metode Analisis	35
BAB. III KONSEPDESAIN PENELITIAN	37
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	37
3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian.....	37
3.2.1. Bahan Penelitian	37
3.2.2. Peralatan Penelitian.....	37
3.3. Rancangan Penelitian.....	38
3.3.1. Variabel Penelitian	38
3.4. Langkah Langkah Penelitian	39
3.4.1. Preparasi Larutan Krom	39
3.4.2. Preparasi Adsorban Mahkota Dewa.....	39
3.4.3. Deskripsi Proses Adsorpsi Logam Krom Dalam Air Limbah Menggunakan BioAdsorben Mahkota.....	41
3.5. Metoda Analisa Dan Pengolahan Data.	41
BAB. IV HASILDAN PEMBAHASAN.....	43
4.1. Konsentrasi Akhir Logam Krom Dalam Air Limbah Elektroplating	43
4.2. Kondisi Kesetimbangan Logam Krom Dalam air Limbah Elektroplating	45
4.3. Isoterm Adsorpsi	47
BAB. V KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1. Kesimpulan	50
5.2. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Passive Uptake Cr pada permukaan Membrane Sel	15
Gambar 2.2. Mahkota Dewa (<i>phaleria marcocarpa</i>).....	25
Gambar 2.3. Struktur Molekul Zat Tanin.....	27
Gambar 2.4. Struktur Kristal Monmorillonit	29
Gambar 2.5. Prinsip Dasar APN	31
Gambar 2.6. Hukum Dasar Penyerapan	32
Gambar 2.7. Grafik hubungan Linier dengan Konsentrasi	33
Gambar 2.8. Peralatan Spektrofotometer Serapan Atom	34
Gambar 2.9. Grafik Kurva Kalibrasi	35
Gambar 3.1. Diagram Alir Preparasi Mahkota Dewa	40
Gambar 3.2. Diagram Alir Proses Adsorpsi.....	42
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Krom yg Teradsorpsi untuk Laju Alir 1,7 ml/s.	43
Gambar 4.2. Grafik Hubungan Krom yg Teradsorpsi untuk Laju Alir 2,3 ml/s.	44
Gambar 4.3. Grafik Hubungan Konsentrasi Krom untuk Laju Alir 1,7 ml/s	45
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Konsentrasi Krom untuk Laju Alir 2,3 ml/s	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbedaan Antara Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia	11
Tabel 2.2. Penggolongan Adsorben berdasarkan kemampuan menyerap Air	17
Tabel 2.3. Penggolongan Adsorben berdasarkan Ukuran Pori	18
Tabel 2.4. Karakteristik pada limbah electroplating khusus pelapisan krom	22
Tabel 4.1. Jumlah Packing yang terbasahi.....	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Era teknologi yang berkembang pesat berpengaruh terhadap peningkatan jumlah industri yang mempunyai peranan dan pengaruh langsung terhadap lingkungan. Hal itu diikuti oleh meningkatnya volum limbah, yang berupa cair, padat, maupun gas yang rata-rata memiliki konsentrasi pencemaran diatas rata-rata. Logam berat merupakan salah satu contoh limbah industri yang berbahaya (Lestari dan Edward, 2004), dimana dapat dijumpai di berbagai industri seperti industri peleburan logam, elektroplating, kimia, semen, penyamak kulit, tekstil, cat, baterai, dan industri lainnya. Limbah dari industri ini biasanya didisposal langsung ke aliran sungai tanpa pengolahan yang memadai, sehingga menimbulkan pencemaran terhadap perairan.

Logam berat sangat berbahaya bagi tubuh karena memiliki sifat kimia berupa sifat toksisitas walaupun pada konsentrasi yang rendah (Buhani, 2007). Sifat toksisitas ini dapat mengakibatkan kerja enzim melambat. Selain itu, menurut Putra (2006) logam berat dapat menimbulkan alergi, karsinogen atau mutagen terhadap manusia. Krom merupakan salah satu contoh logam berat dengan kandungan racun yang tinggi. Jumlah ion valensi mempengaruhi kadar kandungan racun logam krom. Salah satu bentuk logam krom yang paling banyak dipelajari adalah ion krom (VI) karena sifat dan daya racunnya yang sangat korosif, toksik, dan karsinogenik untuk makhluk hidup (Madoni dkk., 1996).

Menurut Pandjaitan (2002), batas aman kadar krom dalam perairan adalah maksimal 0,05 ppm. Logam krom dapat bersumber dari air buangan industri pelapisan krom, pabrik tekstil, cat, tinta, penyamakan kulit dan pengilangan minyak. Dilihat dari begitu besarnya ancaman pencemaran logam berat terutama logam krom, ada berbagai metode alternatif yang telah dikembangkan untuk mengurangi konsentrasi ion krom (VI) ini, diantaranya

yang telah dilakukan dengan berbagai cara yaitu presipitasi kimiawi, pemisahan dengan membran (reverse osmosis, elektrodialisis, ultrafiltrasi), adsorpsi dan pertukaran ion (Ahalya dkk, 2003). Menurut Arslan dan Pehlivan (2006), penggunaan mikroorganisme seperti jamur, bakteri, dan ganggang dapat mengurangi konsentrasi ion logam berat tetapi belum dapat diaplikasikan pada skala besar.

Biosorpsi atau treatment sorpsi dengan menggunakan biosorben juga dapat menurunkan kandungan logam krom melalui proses penyerapan analit oleh biomassa dimana logam berat dari larutan akan diakumulasi melalui kemampuan material biologis secara metabolisme atau fisik-kimiawi. Adsorben seperti karbon aktif, zeolit, silica gel, dan alumina sering digunakan karena kemampuan adsorpsinya yang cukup baik namun kurang ekonomis. Untuk itu, banyak penelitian untuk mencari alternatif penggunaan adsorben yang berasal dari alam (Jalali dkk., 2002)

Salah satu biomaterial yang dapat dipakai untuk tujuan penyerapan limbah logam berat ini adalah buah mahkota dewa (*Phaleria marcocarpa*). Selama ini mahkota dewa banyak dikonsumsi sebagai obat. Buah mahkota dewa mengandung zat tanin yang berfungsi memperlancar sistem pencernaan melalui penyerapan bakteri patogen pada usus. Prinsip inilah yang menjadi dasar bahwa mahkota dewa dapat dimanfaatkan sebagai biosorben untuk menyerap logam berat. Salah satu penelitian mengenai efek jus mahkota dewa dikatakan bahwa mahkota dewa dapat bekerja sebagai antioksidan dan pengikat logam (Bambang dan Eko, 2011).

Penelitian mengenai penyerapan logam berat dalam air limbah dengan menggunakan berbagai macam adsorben ini relatif banyak. Berdasarkan penelitian adsorpsi kromium (VI) yang dilakukan Cristina dkk. (2007) dengan menggunakan bijih peach dan kacang yang bertujuan untuk mempelajari pemisahan krom (VI) dari limbah industri dan pengaruh pH awal larutan, waktu kontak adsorpsi, dan efisiensi adsorben. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa pemisahan krom (VI) dari larutan dapat menggunakan adsorben yang murah dan banyak tersedia. Adsorben ini sangat dipengaruhi oleh pH dan nilai

optimum pH pada penelitian ini adalah 6. Sedangkan untuk kinetik adsorpsi krom (VI) pada adsorben mengikuti laju orde pertama. Untuk 1 gram adsorben yang berasal dari kacang bisa menyerap sebanyak 47,5 mg/g, sedangkan yang berasal dari bijih peach sebanyak 46,67 mg/g.

Nikazar dkk. (2016) melakukan penelitian mengenai biosorpsi larutan kromium (VI) dengan mycelium pada jamur *Phanerochaete chrysosporium*. Pada penelitian ini digunakan mycelium hidup yang berbentuk pellet dari jamur akar putih. Penelitian ini menggunakan sistem batch dengan memperhatikan waktu kontak dan konsentrasi awal logam dan diperoleh hasil bahwa kesetimbangan biosorpsi terjadi setelah 120 menit. Kapasitas biosorpsi terbesar pada biomass jamur 48,6 mg/g dan efisiensi pemisahan akan lebih tinggi pada konsentrasi ion krom (VI) mula-mula rendah. Adsorpsi krom (VI) ini mengikuti Langmuir isotherm dengan range konsentrasi logam mula-mula yang diteliti (20-500 mg/L) dan secara kinetik memenuhi persamaan orde 2.

Setelah mempelajari kelemahan dari beberapa penelitian sebelumnya tentang penanggulangan pencemaran air limbah oleh logam berat terutama logam krom, dengan proses adsorpsi menggunakan biosorben seperti jambu bijih, enceng gondok, biji asam, rumput laut, dan sebagainya. Ternyata kemampuan penyerapan dari biosorben ini belum dapat menurunkan kadar logam krom dalam air limbah secara signifikan. Sehingga perlu dicari jenis biosorben lain yang mempunyai kemampuan penyerapan efektif, yaitu buah mahkota dewa (*Phaleria marcocarpa*). Penggunaan bioadsorben buah mahkota dewa dikarenakan mengandung senyawa tanin yang memiliki sifat menyerap logam berat yang baik. Untuk memperbesar luas kontak bioadsorben mahkota dewa (*Phaleria marcocarpa*) maka akan dicampur dengan bentonite sebagai penyangga biosorben.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh dan efektifitas buah mahkota dewa dalam menyerap logam krom dalam air limbah industri electroplating pada laju alir air

limbah (1,7 dan 2,3 mL/detik) dan tinggi unggun adsorben (40 dan 60 cm)?

2. Bagaimana permodelan proses bioadsorpsi dan parameter proses bioadsorpsi dengan menggunakan buah mahkota dewa yang dicampurkan dengan bentonite?

1.3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis daya adsorpsi dari bioadsorben buah mahkota dewa (*Phaleria marcocarpa*) dengan campuran bentonit dalam menjerap logam krom dalam air limbah industri electroplating pada laju alir air limbah (1,7 dan 2,3 mL/detik) dan tinggi unggun adsorben (40 dan 60 cm)
2. Mendapatkan parameter yang tepat pada proses bioadsorpsi dengan menggunakan buah mahkota dewa yang dicampurkan dengan bentonite

1.4. Manfaat

Hasil penelitian ini nantinya dapat menambah salah satu jenis adsorben alternatif yang bersumber dari alam, berupa buah mahkota dewa yang dapat mengadsorpsi logam berat dan memiliki kemampuan adsorpsi yang baik serta ekonomis. Selain itu juga, dapat dijadikan pendukung sumber-sumber bahan penyerap yang digunakan untuk penanggulangan limbah cair yang mengandung logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Coulson and Richardson's, 2002, Chemical Engineering: Particle Technology and Separation Processes, Volume 2 (Fifth edition), Butterworth-Heinemann, Oxford, USA.
- Dewi E.S. dan Sutrisno, T., 2008, Adsorpsi Krom (VI) dari Limbah Cair Industri Pelapisan Logam dengan Arang Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*), Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Diantariani, N.P., I.W, Sudiarta, dan N.K, Elantiani., 2008, Proses Biosorpsi dan Desorpsi ion Cr (VI) pada Biosorben Rumpun Laut (*Eucheuma spinosum*), Jurnal Kimia 2(1), 45-52, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran
- Emine M., dan Yasar N., 2005, Removal of Ni (II) Ions from Aqueous Solutions using Waste of Tea Factory, Ataturk University, Turkey.
- Endang K. dan Nanda S., 2005, Adsorpsi Logam Cu dari Limbah Electroplating Menggunakan Karbon Aktif dalam Kolom Fixed Bed, ekuilibrium, vol.4 No.2, (hal 78-84), UNS, Indonesia.
- Fogler, S.H., 1994, Element Of Chemical Reaction Engineering (2nd Edition), Prentice-Hall of India.
- Helmi, 2005, Pemanfaatan Jamur Merang untuk Menurunkan Kadar Logam Krom dalam Limbah Cair Industri Pelapisan, (<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/4519/3/0/05011120.pdf>. diakses 17 Januari 2011)
- Iswahyutin, D., 1998, Penentuan Tanin Secara Tidak Langsung Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom, Universitas Brawijaya, Malang.
- Khasanah, E.N., 2009, Adsorpsi Logam Berat, Jurnal Oseana, Volume XXXIV, No.4, 1-7, LIPI, Bitung.
- Kundari, N.A., Arofah, N., dan Megasari, K., 2009, Kinetika Reduksi Krom (VI) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam, Seminar Nasional V, SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta. 5 November 2009.
- Levenspiel, O., 1999, Chemical Reaction Engineering, (3 ed), John Wiley and Sons, New York

- Malkoc E., 2005, Removal of Heavy Metals from Waters by Different Adsorbent Types, Ataturk University, Turkey.
- Modrojan, C., 2007, Removal of Hexavalent Chromium from Aqueous Solutions by Adsorption on Peach Kernel and Nutshell, University Politehnica of Bucharest, Romania.
- Mohanty, K., Jha, M., Meicap, B.C., dan Biswas, M.N., (2006), Biosorption of Cr (VI) from aqueous solutions by *Eichhornia crassipe*. Chemical Engineering Journal 117, Hal. 71–77.
- Perry R.H. and D. Green D., 1984, Perry's Chemical Engineer's Hand Book, Mc Graw-Hill, International Edition.
- Rahmadani, Ika, 2007, Penurunan Kadar Kromium Total Hasil Reduksi Kromium (VI) Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Krom Menggunakan Adsorben Arang Aktif dari Sabut Kelapa (*Cocos nucifera*), Teknik lingkungan, Undip, Semarang, Indonesia
- Risnasari, I., 2002, Tanin, digitized by USU digital Library, Fakultas Pertanian USU, Medan.
- Sikdar, S., dan El-Halwagi, M., 2001, Process Design Tools For The Environment, Pub. Taylor And Francis, New York, USA.
- Sukarta, I.N., 2008, Adsorpsi Ion Cr (III) oleh Serbuk Gergaji Kayu Albizia (*Albiziafalcate*): Studi Pengembangan Bahan Alternatif Penjerap Limbah Logam Berat., <http://www.damandiri.or.id/file/nyomansukartataipbbab2.pdf>.
- Sumastuti, R., 1999, Pengaruh Ekstrak Daun Buah Mahkota Dewa pada Uterus Marmot Terpisah, Makalah Penelitian, Fakultas Farmakologi, UGM, Yogyakarta, Indonesia.
- Sutrasno K., Ali Lukman M., dan Manik G.P., 2008, Pemanfaatan Kulit Batang Jambu Biji (*Psidium Guajay*) untuk Adsorpsi Cr (VI) dari Larutan, Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Syuhada., Wijaya, R., Jayanti., dan Rohman, S., 2008, Modifikasi Bentonit (Clay) menjadi Organoclay dengan Penambahan Surfaktan, Jurnal Nanosains & Nanoteknologi, vol.2, No.1, hal. 48-51, Februari 2009, BPPT.
- Sarin, V., dan Pant, K.K., (2006), Removal of Chromium from Industrial Waste by using Eucalyptus Bark, Departement of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology, New Delhi, India

Winarto, W.P., 2009, Mahkota Dewa, Budi Daya dan Pemanfaatan Untuk Obat, Tim Karyasari, Swadaya, Jakarta, Indonesia