Digital Repository Universitas Jember

OPTIMASI METODE KOAGULASI GUNA MENURUNKAN KADAR LOGAM KADMIUM (Cd) PADA $Cd(NO_3)_2$ DENGAN BIJI KELOR (*Moringa oeifera*) SEBAGAI KOAGULAN ALTERNATIF

SKRIPSI

Oleh

Kania Setianti
NIM 121810301006

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019

Digital Repository Universitas Jember

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi berjudul "Optimasi Metode Koagulasi Guna Menurunkan Kadar Logam Kadmium (Cd) Pada Larutan $Cd(No_3)_2$ dengan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Alternatif" telah disetujui pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,	Dosen Pembimbing Anggota,
Asnawati, S.Si.,M.Si.	Dwi Indarti, S.Si.,M.Si.
NIP. 196808141999032001	NIP. 197409012000032004

Digital Repository Universitas Jember

OPTIMASI METODE KOAGULASI GUNA MENURUNKAN KADAR LOGAM KADMIUM (Cd) PADA LARUTAN $Cd(NO_3)_2$ DENGAN BIJI KELOR (*Moringa oleifera*) SEBAGAI KOAGULAN ALTERNATIF

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

Kania Setianti
NIM 121810301006

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019

Digital Repository Universitas Jember

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Almamater Tercinta, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Bunda Nilla Kusumawati, A. Pi., M. Si. dan Ayah Ir. Slamet Setyono yang tak kenal lelah untuk kasih sayang, doa, support, wejangan dan kerja siang malam, yang tiada akhir untuk saya hingga saya bisa meraih semua ini;
3. Adik semata wayang Larizky Tegar Prakoso yang selalu membantu dan mendoakan saya;
4. Bapak dan Ibu guru di TK Namira Pondok Cipta Mas, SD Kartika Siliwangi 4 Cimahi Tengah, SMPN 1 Cimahi, dan SMAN 2 Cimahi, serta dosen-dosen di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbing dengan penuh kesabaran dan keikhlasan;
5. Teman-teman Kimia 2012 Lanthanida yang selalu memberi canda tawa sepanjang perjalanan kuliah;
6. Sahabat seperjuangan Sita Yuliatul, Mufrihah Nurhayati, Ria Sherly Farida, Anni Fiqrotus, Dwi Purwita Utari, Rika Yulianti, Lailatul Badriyah, Maya Esti, terimakasih atas segala kebahagiaan, bantuan, semangat dan motivasi selama perjuangan dalam menyelesaikan studi ini;
7. Sahabat saya Shela Katrin dan Jessica Ferencia terimakasih untuk segala bentuk kasih sayang, perhatian dan waktu yang selalu disediakan siap siaga untuk saya;
8. AA Squad Berliana Dwi Novieta, Chrisdrianto Aji Prakoso, Muhammad Aufal Mahrom terimakasih untuk kebersamaan, canda tawanya selama 3 tahun ini;
9. Teman-Teman seperjuangan di laboratorium Kimia Analitik dan laboratorium Kimia Fisik;
10. Teman-Teman Kos Putri Letter U;

Digital Repository Universitas Jember

11. Farinda Puji, Yasmin Farida, Siti Lailatul Arofah, Lailatul Ikhrimah, Ratih Roesdiana, Reni Anggraeni yang selalu ada dan membantu saya selama di kota perantauan ini;
12. Semua pihak yang telah berkontribusi namun tidak dapat disebutkan satu persatu;

Digital Repository Universitas Jember

MOTTO

Dan barangsiapa bertawakal kepada Allah, niscaya Allah akan mencukupkan (keperluan)-nya. Sesungguhnya Allah melaksanakan urusan-Nya.
(Terjemahan *At-Talaq* ayat 3) *)

Ada tangis lalu ada tawa, ada manis dibalik kecewa. Berserah pasrahkan semua pada yang Kuasa, beri yang terbaik sepenuh jiwa.
(Gamaliel Audrey Cantika)

*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2002. *Pena Quran*. Jakarta: PT PENA PUNDI AKSARA.

Digital Repository Universitas Jember

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kania Setianti

NIM : 121810301006

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: "Optimasi Metode Koagulasi Guna Menurunkan Kadar Logam Kadmium (Cd) Pada Larutan $Cd(No_3)_2$ dengan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Alternatif*"* adalah benar-benar hasil karya sendiri, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sebelumnya. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2019

Yang menyatakan,

Kania Setianti

NIM 121810301006

Digital Repository Universitas Jember

SKRIPSI

OPTIMASI METODE KOAGULASI GUNA MENURUNKAN KADAR LOGAM KADMIUM (Cd) PADA LARUTAN $Cd(NO_3)_2$ DENGAN BIJI KELOR (*Moringa oleifera*) SEBAGAI KOAGULAN ALTERNATIF

Oleh

Kania Setianti
NIM 121810301006

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Asnawati, S.Si., M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Dwi Indarti, S.Si., M.Si

Digital Repository Universitas Jember

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Optimasi Metode Koagulasi Guna Menurunkan Kadar Logam Kadmium (Cd) Pada Larutan $Cd(No_3)_2$ dengan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Alternatif" karya Kania Setianti Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,	Anggota I,
Asnawati, S.Si., M.Si NIP. 196808141999032001	Dwi Indarti, S.Si., M.Si NIP. 197409012000032004
Anggota II,	Anggota III
Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D NIP. 196605291993031003	Tri Mulyono, S.Si, M.Si NIP. 196810021998021000

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 196102041987111001

Digital Repository Universitas Jember

RINGKASAN

Optimasi Metode Koagulasi Guna Menurunkan Kadar Logam Kadmium (Cd) Pada Larutan $Cd(No_3)_2$ dengan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Alternatif; Kania Setianti, 121810301006; 2019; 56 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Industri semakin sering dijumpai di lingkungan masyarakat. Banyaknya industri dengan berbagai macam olahan menghasilkan limbah yang tidak ramah lingkungan dan berbahaya. Salah satu kandungan limbah yang berbahaya yaitu logam kadmium (Cd). Kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena logam ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah, dalam jangka waktu panjang kadmium terakumulasi dalam tubuh khususnya ginjal dan hati. Salah satu upaya untuk menurunkan kadar kadmium pada limbah yaitu dengan metode koagulasi. Koagulasi adalah proses penetralan muatan sehingga membentuk gumpalan flokulan yang akan mengendap. Biji kelor (*Moringa oleifera*) dapat digunakan sebagai koagulan alternatif karena memiliki kandungan protein yang tinggi serat bersifat ramah lingkungan.

Kemampuan optimum biji kelor sebagai koagulan alami dalam menurunkan kadar logam kadmium diukur dan diketahui dengan melakukan beberapa optimasi yaitu aktivasi koagulan, ukuran partikel koagulan, massa koagulan dan waktu kontak koagulan. Optimasi dilakukan pada sampel larutan $Cd(NO_3)_2$. Penentuan aktivasi koagulan optimum koagulan biji kelor digunakan variasi temperatur 25 °C; 40 °C; 60 °C; 80 °C; 100 °C; 120 °C. Penentuan ukuran partikel koagulan optimum koagulan biji kelor digunakan variasi 40; 60; 80 mesh. Penentuan kadar massa koagulan optimum koagulan biji kelor digunakan 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14 gram. Penentuan waktu kontak koagulan optimum koagulan biji kelor digunakan 20; 40; 60; 80; 100; 120 menit. Masing-masing hasil optimum pada variasi tersebut diaplikasikan pada biji kelor yang dijadikan sebagai

Digital Repository Universitas Jember

koagulan pada proses koagulasi pengurangan kadar logam kadmium pada sampel limbah cair industri.

Pengukuran sisa kadar logam kadmium dilakukan dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Hasil optimum diperoleh dengan mendapatkan nilai absorbansi yang terendah. Nilai absorbansi terendah mengartikan rendahnya sisa kadar logam kadmium pada sampel. Temperatur optimum pada aktivasi koagulan terjadi pada suhu 100 °C. Hal ini dikarenakan semakin tinggi suhu aktivasi menyebabkan pori dan luas permukaan semakin besar sehingga daya serap lebih besar. Ukuran partikel optimum untuk koagulan biji kelor yaitu pada 80 mesh. Semakin besar ukuran partikel memiliki luas permukaan yang semakin besar sehingga tumbukan yang terjadi antar partikel menjadi lebih banyak. Massa koagulan biji kelor optimum terletak pada 10 gram. Semakin banyak massa koagulan yang ditambahkan akan menghasilkan protein bermuatan negatif pengikat logam kadmium yang semakin besar. Namun, massa yang ditambahkan lebih dari dosis optimum akan membentuk lapisan difusi ganda yang bermuatan negatif sehingga partikel satu dan lainnya akan tolak-menolak dan menyebabkan ion Cd terbentuk kembali. Waktu kontak koagulan optimum untuk biji kelor terjadi pada waktu kontak 100 menit. Semakin lama waktu kontak koagulan, semakin banyak flok-flok yang akan terbentuk. Namun, pada proses koagulasi ini memiliki sifat gaya antar molekul ion-dipol sehingga molekul-molekul yang mempunyai sisi ionik yang berbeda (tarik-menarik) bersifat sementara dan akan terus bergerak sehingga mengganggu kestabilan flok yang menyebabkan Cd dapat terbentuk lagi.

Biji kelor sebagai koagulan pada proses koagulasi penurunan kadar logam pada sampel larutan $Cd(NO_3)_2$ memiliki kemampuan menurunkan kadar logam kadmium hingga 82,7%. Namun, penurunan kadar logam Cd pada sampel limbah cair hanya 69,92%. Hal ini dikarenakan biji kelor tidak spesifik menyerap logam kadmium saja dan adanya kandungan logam lain pada limbah yang ikut terkoagulasi oleh biij kelor.

Digital Repository Universitas Jember

PRAKATA

Puji syukur atas kelimpahan rahmat dan karunia Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Optimasi Metode Koagulasi Guna Menurunkan Kadar Logam Kadmium (Cd) Pada Larutan $Cd(No_3)_2$ dengan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Alternatif". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Drs. Sujito, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si.,M.Si., selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Kepala Laboratorium Kimia Analitik dan Kepala Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
4. Asnawati, S.Si.,M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dwi Indarti, S.Si.,M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing, meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam penulisan skripsi ini;
5. Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Penguji I dan selaku Dosen Tri Mulyono, S.Si.,M.Si. Penguji II yang telah meluangkan waktu untuk menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
6. Tanti Haryati, S.Si.,M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik;
7. Segenap dosen pengajar Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember
8. Semua pihak yang telah berkontribusi namun tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Digital Repository Universitas Jember

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap, semoga setiap kalimat yang ada dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan bagi pembaca.

Jember, Januari 2019

Penulis

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN SAMPUL i
HALAMAN PERSEMBAHAN ii
HALAMAN MOTO iv
HALAMAN PERNYATAAN v
HALAM AN PEMBIMBINGAN vi
HALAMAN PENGESAHAN vii
RINGKASAN viii
HALAMAN PRAKATA x
DAFTAR ISI xii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR LAMPIRAN xvi

BAB 1. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Kelor 5
2.2 Koagulasi dan Flokulasi 10
2.3 Mekanisme Koagulasi 11
2.4 Kadmium (Cd) 13
2.5 Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) 14
2.6 Akurasi (*Accuracy*) 18
BAB 3. METODELOGI PENELITIAN 21
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 21
3.2 Alat dan Bahan 22
3.2.1 Alat 22
3.2.2 Bahan 22
3.3 Diagram Alir Penelitian 22
3.4 Prosedur Kerja 23
3.4.1 Preparasi Biji Kelor 23
3.4.2 Uji Kadar Air 23

Digital Repository Universitas Jember

3.4.3 Pembuatan Larutan Induk Cd 1000 ppm 23
3.4.4 Pembuatan Larutan Standar Cd 23
3.4.5 Optimasi Aktivasi Koagulan Biji Kelor 24
3.4.6 Optimasi Ukuran Partikel Koagulan Biji Kelor 24
3.4.7 Optimasi Massa Koagulan Biji Kelor 25
3.4.8 Optimasi Waktu Kontak Koagulan Biji Kelor 25
3.4.9 Optimasi Kondisi Optimum Koagulan pada Limbah 26
3.4.10 Uji *Recovery* 26
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN 27
4.1 Optimasi Aktivasi Koagulan Biji Kelor 28
4.2 Optimasi Ukuran Partikel Koagulan Biji Kelor 30
4.3 Optimasi Massa Koagulan Biji Kelor 31
4.4 Optimasi Waktu Kontak Koagulan Biji Kelor 34
4.5 Penurunan Kadar Logam Cd pada $Cd(NO_3)_2$ dan Sampel Limbah Cair 37
BAB 5. PENUTUP 38
5.1 Kesimpulan 38
5.2 Saran 38
DAFTAR PUSTAKA 40
LAMPIRAN 44

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Kandungan asam amino pada biji kelor.....	9
Tabel 2.2	Persen *recovery* berdasarkan nilai konsentrasi sampel...	20

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR GAMBAR

Halaman

2.1 *Moringa oleifera* 5
2.2 Reaksi asam amino dengan asam dan basa..... 8
2.3 Komponen utama SSA 15
2.4 Hubungan antara energi kinetik dengan jumlah atom yang terbentuk pada suhu berbeda 18
4.1 Grafik hubungan antara temperatur aktivasi dengan konsentrasi Cd 29
4.2 Grafik hubungan antara ukuran partikel dengan konsentrasi Cd..... 30
4.3 Grafik hubungan antara massa dengan konsentrasi Cd 32
4.4 Proses Koagulasi..... 33
4.5 Restabilisasi Partikel Koloid 33
4.6 Grafik hubungan antara waktu kontak dengan konsentrasi Cd 35

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 3.4.2 Uji Kadar Air 44
Lampiran 4.1 Data Kurva Kalibrasi 45
Lampiran 4.2 Data Variasi Optimasi Koagulan (Biji Kelor) Terhadap Penurunan Kadar Logam Cd 47
Lampiran 4.2.1 Optimasi Aktivasi Koagulan..... 47
Lampiran 4.2.2 Optimasi Ukuran Partikel Koagulan..... 49
Lampiran 4.2.3 Optimasi Massa Koagulan..... 51
Lampiran 4.2.4 Optimasi Waktu Kontak Koagulan..... 53
Lampiran 4.3 Perhitungan Konsentrasi Logam Cd Sebelum dan Sesudah Penambahan Koagulan Biji Kelor pada Larutan $Cd(NO_3)_2$ 55
Lampiran 4.4 Perhitungan Konsentrasi Logam Cd Sebelum dan Sesudah Penambahan Koagulan Biji Kelor pada Limbah 56
Lampiran 4.4.1 Data Sampel Limbah Sebelum Penambahan Koagulan . 56
Lampiran 4.4.2 Data Sampel Limbah Setelah Penambahan Koagulan.... 57
Lampiran 4.5 Perhitungan Konsentrasi Sampel dan Uji Recovery dalam Limbah..... 58

Digital Repository Universitas Jember

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logam Kadmium (Cd) biasa digunakan untuk elektrolisis, bahan pigmen untuk industri cat, enamel, dan plastik. Kadmium (Cd) merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah. Kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal. Hal tersebut membuktikan bahwa logam kadmium berbahaya bagi manusia harus diminimalisir keberadaannya dalam lingkungan (Istarani, 2014).

Pengolahan pengurangan kadar kadmium terdiri dari berbagai macam proses, diantaranya sorpsi (Sastrowardoyo, 2007), flotasi (Sumanto dan Hamidi, 2011), oksidasi (Hidayat, 2006), koagulasi dan flokulasi (Kiely, 1997). Proses yang digunakan untuk mengurangi kadar limbah yaitu proses koagulasi dan flokulasi. Proses koagulasi dan flokulasi memerlukan koagulan agar dapat mengurangi kadar logam pada limbah industri. Kelebihan metode koagulasi dan flokulasi dalam penelitian ini yaitu biaya yang dibutuhkan tidak terlalu tinggi serta bahan yang diperlukan dapat mudah dicari, sedangkan metode oksidasi membutuhkan biaya cukup tinggi dan membutuhkan peralatan yang dapat menghasilkan ozon, metode sorpsi juga membutuhkan biaya tinggi dan adsorben yang sulit didapat. Berdasarkan uraian diatas, maka dipilih penelitian ini.

Koagulasi adalah proses pengolahan air/limbah cair dengan cara menstabilasi partikel-partikel koloid untuk memfasilitasi pertumbuhan partikel selama flokulasi. Flokulasi adalah proses pengolahan air dengan cara penggumpalan partikel-partikel koloid yang telah mengalami destabilisasi sehingga ukuran partikel - partikel tersebut bertambah menjadi partikel - partikel yang lebih besar yang dapat mengendap. Proses koaguasi lebih optimum pada ukuran partikel yang besar dan semakin halus karena memiliki luas permukaan yang besar sehingga penyerapan logam terjadi lebih besar (Kiely, 1997).

Digital Repository Universitas Jember

Penambahan koagulan ke dalam air (sampel) bertujuan mengurangi gaya elektrostatis tolak-menolak antar partikel koloid. Koagulasi terjadi dengan penambahan ion-ion yang bermuatan tidak sama dengan muatan partikel koloid. Muatan partikel koloid umumnya mempunyai muatan negatif, sehingga ion-ion dari koagulan yang ditambahkan harus bermuatan positif (Engelhardt, 2010). Sampel larutan yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai ion logam bermuatan positif, sehingga koagulan yang digunakan adalah koagulan yang mempunyai asam amino bermuatan negatif.

Koagulan yang biasa digunakan untuk proses koagulasi pengurangan kadar logam berat adalah tawas. Namun, tawas yang digunakan untuk koagulan kurang ramah lingkungan sehingga terdapat alternatif bahan lain yang dapat digunakan yaitu diantaranya asap cair dari tempurung kelapa (Telaumbanua, 2013), asam jawa (Hendrawati, *et al*., 2013) dan biji kelor (Yuliastri, 2010). Serbuk biji kelor dapat digunakan sebagai koagulan alternatif untuk koagulasi dalam mengurangi kadar logam. Serbuk biji kelor mampu mengadsorpsi dan menyerap partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam sampel. biji kelor yang dihaluskan digunakan sebagai koagulan untuk mengurangi kadar logam pada limbah dengan proses koagulasi yang dibantu dengan berbagai variasi yang akan menentukan optimasi koagulan (Putra,*et al*., 2013).

Hasil penelitian mengenai koagulasi dengan biji kelor (Rajeswari, M,*et al*., 2012) menunjukkan massa optimum koagulan biji kelor (*Moringa oleifera*) pada 4 gram dapat menurunkan kadar Cd sebesar 66,25%. Waktu pengendapan optimum koagulan biji kelor (*Moringa oleifera*) selama 40 menit dapat menurunkan kadar Cd sebesar 64,58%. Kondisi pH optimum koagulan biji kelor (*Moringa oleifera*) yaitu 6,5 dapat menurunkan kadar Cd sebesar 65,36%. Berdasarkan penelitian ini, dilakukan kembali optimasi kemampuan biji kelor sebagai koagulan dengan menambahkan variasi aktivasi koagulan dan ukuran partikel dengan harapan mendapatkan hasil yang lebih optimum.

Penelitian penyerapan logam kadmium dengan koagulan alami biji kelor dilakukan dalam larutan $Cd(NO_3)_2$. Pemilihan larutan $Cd(NO_3)_2$ sebagai larutan sampel berfungsi untuk mengetahui kemampuan optimal serbuk biji kelor dalam

Digital Repository Universitas Jember

menyerap logam kadmium karena hanya spesifik mengandung satu jenis logam berat saja. Kondisi optimum kemampuan biji kelor sebagai koagulan didapat menggunakan variasi aktivasi koagulan biji kelor, ukuran partikel serbuk biji kelor, massa serbuk biji kelor serta lama waktu penyerapan dalam proses koagulasi. Variasi beberapa faktor pengaruh proses koagulasi dilakukan pada penelitian dengan harapan presentase pengurangan kadar logam kadmium lebih besar sehingga menghasilkan sisa konsentrasi logam Cd yang lebih sedikit. Sampel yang diuji tidak menggunakan sampel limbah karena memungkinkan logam lain yang terkandung dalam komposisi limbah ikut terserap dalam proses koagulasi sehingga penyerapan menjadi tidak optimal, sehingga sampel limbah digunakan ketika variasi faktor penentu koagulasi pada biji kelor telah mencapai keadaan optimum.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh ukuran partikel koagulan dalam penurunan kadar logam Cd pada larutan $Cd(NO_3)_2$?
2. Bagaimana pengaruh temperatur yang digunakan pada aktivasi koagulan untuk penurunan kadar logam Cd pada larutan $Cd(NO_3)_2$?
3. Bagaimana pengaruh massa koagulan dalam penurunan kadar logam Cd pada larutan $Cd(NO_3)_2$?
4. Bagaimana pengaruh lama waktu koagulasi koagulan dalam penurunan kadar logam Cd pada larutan $Cd(NO_3)_2$?
5. Berapa persentase penurunan kadar logam Cd pada sampel larutan $Cd(NO_3)_2$ dan limbah oleh koagulan?

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini, diantaranya:

1. Biji kelor yang digunakan adalah biji kelor tua berwarna cokelat.

Digital Repository Universitas Jember

2. Biji kelor yang digunakan untuk koagulan diambil dari daerah Jajag Banyuwangi
3. Buffer yang digunakan adalah pH buffer 6,5
4. Ukuran partikel yang digunakan dalam optimasi adalah 40, 60 dan 80 mesh.
5. Limbah yang digunakan adalah limbah industri sarden dari daerah Muncar Banyuwangi.

1.4 Tujuan

1. Untuk mengetahui efektifitas variasi ukuran partikel koagulan, massa koagulan, temperatur aktivasi koagulan dan lama waktu penyerapan dalam proses pengurangan kadar logam Cd pada sampel larutan $Cd(NO_3)_2$.
2. Untuk mengetahui persentase hasil pengurangan kadar logam Cd pada sampel larutan $Cd(NO_3)_2$ dan limbah dengan tepung biji kelor.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini, yaitu dapat mengetahui efektifitas variasi ukuran partikel koagulan, massa biji kelor, serta lama waktu penyerapan dalam proses pengurangan kadar logam kadmium pada limbah. Penelitian ini juga mempunyai manfaat memberikan informasi kepada masyarakat mengenaik kemampuan serbuk biji kelor dalam mengurangi kadar logam dalam limbah cair, sehingga dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari dan menaikan nilai ekonomi biji kelor.

Digital Repository Universitas Jember

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelor

Kelor merupakan salah satu tanaman di Indonesia. Kelor atau *Moringa oliefera* mempunyai ketinggian 6-11 meter, mempunyai akar yang kuat, cabangnya jarang serta batang kayunya getas (mudah patah) dan termasuk tumbuhan perdu. Bunga kelor berbau semerbak dan berwarna putih kekuningan sedangkan tudung pelepah pada bunganya berwarna hijau.Buah kelor mempunyai bentuk segitiga memanjang seperti kacang panjang dan keras memiliki panjang 120cm. Daunnya berbentuk bulat-bulat kecil seperti telur yang tersusun majemuk dalam 1 tangkai. Bunga kelor berupa malai yang keluar dari ketiak daun, sedangkan buahnya menggantung antara 20-45 cm dan mempunyai isi biji bulat yang sederetan, namun bersayap tiga. Batang pohon kelor mempunyai warna kelabu. Saat suatu daerah mempunyai tanah dengan ketinggian 350-500 meter diatas permukaan laut, dapat menyebabkan perkembangbiakan kelor yang baik (Schwarz, 2000).

Gambar 2.1 *Moringa oleifera*

Gambar 2.1 adalah buah kelor (*Moringa oleifera*). Kelor yang digunakan sebagai koagulan adalah kelor yang bewarna coklat tua. Tanaman *Moringa oleifera* dapat dibudidayakan dengan cara yang tidak rumit. Tanaman ini dapat bertahan pada musim kering yang berkepanjangan. Tanaman kelor dapat menghasilkan bunga dan buah hanya dalam waktu 1 tahun penanaman baik dengan biji ataupun stek dengan ketinggian pohon 4-10 meter (Schwarz, 2000).

Tanaman kelor dapat diklasifikasikan dalam klasifikasi taksonomi tumbuhan, sebagai berikut:

Digital Repository Universitas Jember

Kingdom : *Plantae*
Ordo : *Brassicales*
Family : *Moringaceae*
Genus : *Moringa*
Species : *Moringa oleifera*

(Oleyami dan Alabi, 1995).

Tanaman *Moringa oleifera* mempunyai banyak manfaat, salah satunya yaitu berkhasiat sebagai obat tradisional. Tanaman kelor dapat menjadi tanaman obat tradisional karena mengandung beberapa zat kimia yang dapat menyembuhkan penyakit. Daun pada tanaman kelor mengandung moringinan, alkaloid moringin dan pterigospermin. Gom pada tanaman kelor mengandung arabinosa, asam glukonat, ramnosa dan galaktan, sedangkan pada biji tanaman kelor mengandung lignoserat, linoleat, oleat stearat dan asam palmitat (Olayemi dan Alabi, 1995).

Kandungan dalam kulit biji *Moringa oleifera* mengandung protein larut air dengan berat molekul yang cukup rendah. Molekul protein akan memiliki muatan yang positif apabila dilarutkan dengan air. Protein yang bermuatan positif akan berfungsi sebagai bahan sintetik yang mempunyai muatan positif yang dapat digunakan sebagai koagulan polimer sintetik. Biji kelor yang sudah dihaluskan menjadi serbuk dan dimasukan ke dalam limbah, protein yang terdapat dalam *Moringa oleifera* akan mengikat partikel-partikel yang mempunyai muatan negatif, partikulat tersebut menyebabkan terjadinya kekeruhan (Hidayat, 2006).

Biji tanaman kelor yang digunakan untuk proses koagulasi yaitu biji kelor yang sudah tua berwarna coklat. Biji kelor tua yang akan digunakan dikupas hingga semua bagian putih terlihat. Efektifitas optimasi koagulasi oleh biji kelor ditentukan oleh kandungan protein-protein kationik. Menurut Sahni dan Srivasta (2008) bahwa kandungan protein yang bersifat kationik sebesar 79,3% dan yang bersifat anionik 20,7% dalam penelitian pengujian elektroforesis terhadap protein yang terdapat dalam biji tanaman kelor.

Penyusun protein yaitu rantai polipeptida yang panjang yang tersusun dari 100 sampai 1000 asam amino yang bersatu dengan ikatan peptida. Beberapa

Digital Repository Universitas Jember

protein memiliki sifat tidak larut, dan berbentuk menyerupai serabut, sedangkan beberapa protein lainnya berbentuk globular dengan rantai polipeptida lainnya. Bentuk globular ini bergabung dengan rantai polipeptida yang berlipat-lipat. Jenis protein konjugasi mengandung beberapa komponen tambahan yang tidak dimiliki protein sederhana, yaitu gugus prostetik organik atau suatu ion logam. Jenis protein sederhana hanya mampu menghasilkan asam amino dengan proses hidrolisis (Lehninger, 1982).

Ciri-ciri asam amino yang terkandung di dalam protein yaitu adanya gugus amina (NH_2) dan gugus karboksil (-COOH) yang diikat pada atom C (karbon) yang sama. Berbagai variasi seperti ukuran, kelarutan dalam air, muatan listrik dan struktur dalam asam amino yang ada di dalam protein yang memiliki perbedaan pada gugus alkil (R-) atau rantai sampingnya.

Klasifikasi asam amino berdasarkan sifat kimia rantai samping, gugus alkil (R-) menjadi 4 kelompok. Gugus alkil (R-) dapat membuat asam amino mempunyai sifat basa lemah, asam lemah, hidrofobik jika nonpolar dan hidrofilik jika polar.

1. Asam amino bermuatan positif (+)

   Asam amino jenis ini mempunyai gugus yang bersifat basa pada rantai samping atau gugus alkilnya. Asam amino bermuatan positif bersifat polar dan terletak di permukaan protein yang dapat mengikat air. Senyawa asam amino yang tergolong dalam kelompok ini yaitu lisin, arginin dan histidin. Histidin mempunyai muatan mendekati netral (pada gugus imidazol) dibandingkan dengan lisisn, gugus amino arginin dan gugus guanidin. Histidin sering berperan dalam reaksi enzimatis yang melibatkan pertukaran proton karena histidin dapat terionisasi pada pH mendekati pH fisiologis.
2. Asam amino bermuatan negatif (-)

   Asam amino jenis ini mempunyai gugus karboksil pada rantai sampingnya. Asam amino ini bermuatan negatif. Contoh asam amino dalam golongan ini yaitu aspartat dan glutamat.
3. Asam amino non polar

Digital Repository Universitas Jember

Asam amino jenis ini mempunyai gugus R alifatik. Asam amino non polar bersifat hidrofobik, semakin hidrofobik suatu asam amino, biasanya terdapat di bagian dalam protein. Asam amino yang tergolong dalam golongan ini yaitu alanin, glisin, leusin, prolin, isoleusin dan valin. Asam amino non polar umumnya terdapat pada protein yang berinteraksi dengan lipid.

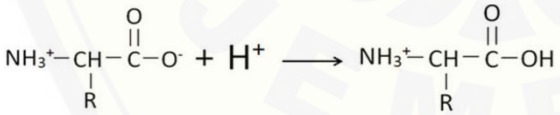
4. Asam amino polar

Asam amino jenis ini mempunyai gugus R yang tidak bermuatan. Asam amino polar mempunyai sifat mudah larut dalam air atau hidrofilik dan cenderung terdapat di bagian luar protein. Senyawa asam amino yang tergolong dalam kelompok ini yaitu serin, sistein, glutamin, metionin, asparagin, threonin. Asam amino sistein berbeda dengan asam amino lain karena gugus alkil terionisasi pada pH yang cukup tinggi (pH = 8.3) sehingga gugus alkil dapat mengalami oksidasi dengan sistein membentuk ikatan disulfida.

Asam amino mempunyai sifat amfoter, hal ini dikarenakan molekul asam amino mengandung ion ammonium (NH_3^+) ataupun ion karboksilat ($-COO^-$). Asam amino yang bersifat amfoter dapat bereaksi dengan asam maupun basa yang akan menghasilkan suatu anion atau kation (Fessenden and Fessenden, 1986).

Reaksi asam amino dengan basa

Reaksi asam amino dengan asam



Gambar 2.2 Reaksi asam amino dengan basa (Sumber: Fessenden dan Fessenden, 1986).

Menurut Hidayat (2006) yang telah melakukan pengukuran konsentrasi protein dengan metode biuret didapat konsentrasi protein biji kelor sebesar 15.680 ppm, dari kotiledon atau biji dalam sebesar 147.280 ppm sedangkan dari kotiledon berserta kulit biji kelor sebesar 73.547 ppm. Berdasarkan hasil tersebut, diambil kesimpulan yaitu konsentrasi protein biji dan kulit dari biji kelor mendekati setengah dari konsentrasi protein dalam kotiledon, maka dari itu

Digital Repository Universitas Jember

apabila dilakukan penurunan kadar logam berat akan efektif jika hanya digunakan biji kelor bagian dalam.

Asam amino yang berbagai macam banyak terdapat pada biji kelor. Anhwange *et al*., (2004) menyatakan kandungan asam amino yang ada dalam biji kelor yaitu

Tabel 2.1 Kandungan asam amino pada biji kelor

Jenis Asam Amino	Jumlah (gram/100 gram biji kelor)
Asam glutamat	14,43
Arginin	8,00
Asam Aspartat	6,88
Leusin	5,74
Glisin	4,96
Fenilalanin	4,24
Serin	4,22
Isoleusin	4,01
Alanin	3,22
Lisin	3,21
Valin	3,05
Treonin	3,03
Tirosin	2,37
Histidin	2,20
Sistein	2,09
Prolin	2,09
Metionin	1,00

Sumber: (Anhwange *et al.*, 2004).

Tabel 2.1 merupakan jenis asam amino yang terkandung dalam biji kelor. Asam amino yang paling banyak terdapat dalam biji kelor yaitu asam glutamat, arginin dan asam aspartat. Asam amino yang berfungsi sebaai koagulan dalam proses koagulasi adalah asam glutamat dan asam aspartat. Asam glutamat dan asam aspartat mempunyai rantai cabang yang bermuatan negatif pada gugus karboksilnya, sehingga mampu mengikat ion kadmium (Cd) yang bermuatan positif, sedangkan asam amino ariginin bermuatan positif pada gugus guanidino.

Digital Repository Universitas Jember

Biji kelor mempunyai protein sebanyak 37% yang dapat digunakan sebagai bahan penjernihan air. Bagian yang bekerja dalam penjernihan air yaitu gugus fungsional pada rantai asam amino dari penyusun protein biji kelor. Kandungan protein dalam biji kelor yaitu rantai panjang polipeptida yang mempunyai berat molekul 6.500 – 14.000 Da (Martin *et al.*, 2010).

2.2 Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi berasal dari bahasa latin yaitu "*coagulare*" yaitu bergerak bersama-sama dan flokulasi berasal dari kata "*flokulare*" yaitu pembentukan flok. Koagulasi adalah proses penetralan muatan sehingga terbentuk gumpalan-gumpalan kecil. Flokulasi adalah suatu proses sebagai jembatan partikel yang dilanjutkan mendorong partikel turun kebawah sehingga terjadi pengendapan. Proses-proses ini merupakan serangkaian proses meliputi destabilisasi muatan partikel akibat adanya koagulan yang ditambahkan (Engelhardt, 2010).

Menurut Engelhardt (2010) koagulasi merupakan proses yang digunakan untuk pengolahan air, terutama terhadap air permukaan. Proses ini juga digunakan dalam penerapan pengolahan air buangan rumah tangga atau industri (limbah). Tujuan dilakukannya koagulasi yaitu untuk menghilangkan bakteri, warna, rasa, alga, organisme plankton dan penyerapan logam berat dalam limbah industri. Bahan yang dapat membuat partikel-partikel mengendap disebut koagulan. Penambahan koagulan menyebabkan partikel-partikel besar atau flok dapat mengalami pengendapan karena adanya gaya gravitasi.

Koagulan yang ditambahkan dalam proses koagulasi bertujuan untuk menetralkan muatan karena sifat koloid selalu stabil dalam air. Koloid dapat stabil karena beberapa faktor, diantaranya:

1. Muatan koloid tetap, ada yang positif dan ada yang negatif
2. Memiliki area permukaan yang besar
3. Massa partikel kecil sehingga gerak brown efektif untuk menggerakan partikel
4. Terdapat efek elektrostatik yang menyebabkan posisi muatannya tetap

Digital Repository Universitas Jember

5. Partikel dan partikel lainnya tidak bias bergabung membentuk partikel lebih besar karena:
   a. Ion-ion akan ditarik oleh partikel untuk mengelilingi partikel koloid membentuk lapisan ganda yang membuat efek koloid akan saling tolak-menolak satu sama lain
   b. Gaya gravitasi lebih kecil dari gaya repulsif

   (Engelhardt, 2010).

2.3 Mekanisme Koagulasi

Proses koagulasi meliputi 3 tahap, yaitu koagulan yang ditambahkan dan dicampurkan dengan sampel, pemisahan antar partikel-partikel yang tidak stabil atau partikel-partikel koloid karena adanya perubahan muatan listrik akibat penambahan koagulan serta pembentukan flok-flok yang mengendap oleh gaya gravitasi. Mekanisme proses koagulasi, yaitu:

a.Partikel-partikel koloid yang berada dalam air yang bermuatan listrik sama akan saling tolak-menolak dan tidak dapat saling mendekat, hal ini disebut stabil.

b. Larutan dan koagulan bereaksi membentuk mikroflok,

c. Mikroflok-mikroflok cenderung bersatu dan membentuk makroflok karena sudah mengalami destabilisasi dan akan mengendap.

(Hammer, 1997 dalam Hidayat, 2006).

Potensial zeta adalah nilai beda potensial antara *diffuse layer* dan *fixed layer*. Nilai potensial zeta menunjukkan tingkat interaksi elektrostatik partikel satu dan lainnya yang mempunyai kesamaan muatan dan saling berdekatan. Nilai potensial tinggi dalam sistem koloid akan berakibat penolakan agregasi dikarenakan adanya stabilitas larutan yang diberikan. Namun, ketika nilai potensial rendah akan menyebabkan gaya atraksi muatan antar partikel disperse melebihi gaya repulsinya sehingga terjadi flokulasi. Nilai potensial zeta biasanya digunakan untuk memprediksi dan mengontrol stabilitas koloid (Weiner *et al.*, 1993).

Digital Repository Universitas Jember

Proses yang terjadi dalam mekanisme koagulasi yaitu muatan positif koloid yang menarik muatan negatif yang ada dalam air. Koagulan polielektrolit memiliki struktur yang tetap dari pengulangan monomernya, yang membawa muatan listrik atau grup ion dan menyediakan permukaan ikatan untuk flok-flok (Weiner *et al.*, 1993).

Hammer (1997) menjelaskan bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses koagulasi dan flokulasi, diantaranya:

a. Jumlah Koagulan

   Koagulasi membutuhkan koagulan, dosis koagulan pada proses koagulasi air keruh atau limbah tergantung pada jenis air keruhnya. Semakin keruh air atau limbah yang ingin di murnikan, maka semakin banyak dosis koagulan yang dibutuhkan sehingga proses pengendapan partikel-partikel koloid pada air keruh dapat berjalan secara optimal.

b. Kecepatan Pengadukan

   Dibutuhkan proses pengadukan pada koagulasi untuk penggabungan antara koagulan dengan bahan kimia dalam air. Ketepatan kecepatan pengadukan sangat penting dalam proses koagulasi. Koagulan dilarutkan dalam air, menggabungkan inti-inti endapan menjadi suatu molekul yang besar. Partikel-partikel flok kecil yang sudah terkoagulasi dapat bergabung menjadi flok besar. Kesalahan pada kecepatan pengadukan dapat membuat koagulan tidak dapat terdispersi secara optimal. Namun, jika kecepatan pengadukan terlalu tinggi dapat membuat flok-flok yang sudah terbentuk akan terpecah kembali sehingga pengendapan yang terjadi tidak optimal.

c. Waktu Pengendapan

   Pengendapan merupakan cara yang digunakan untuk memisahkan lumpur yang terbentuk akibat penambahan bahan kimia. Pengendapan berfungsi untuk memisahkan zat yang tersuspensi pada air keruh. Waktu pengendapan yang dibutuhkan untuk memisahkan zat tergantung jumlah air keruh atau limbah yang akan dijernihkan.

d. Pengaruh Jenis Koagulan

Digital Repository Universitas Jember

Pemilihan koagulan disesuaikan dengan yang terkandung di dalam air. Koagulan yang digunakan untuk koagulan alami seperti biji kelor dan asam jawa sedangkan untuk koagulan sintesis seperti tawas.

e. Derajat keasaman

Derajat keasaman atau pH adalah besaran yang menyatakan sifat suatu larutan bersifat asam atau basa.

f. Pengaruh Temperatur

Temperatur berhubungan denga viskositas, semakin tinggi suhu air maka akan mempunyai viskositas yang kecil. Viskositas akan berpengaruh pada pengendapan flok. Pertambahan suhu akan menyebabkan peningkatan gradient kecepatan sehingga flok akan kembali terlarut.

g. Pengaruh Kekeruhan

Kekeruhan merupakan tanda sifat optik larutan yang mengandung zat tersuspensi di dalam air. Semakin tinggi kekeruhan disebabkan karena intensitas cahaya yang dihamburkan semakin tinggi dan sebaliknya.

2.4 Kadmium (Cd)

Kadmium adalah salah satu unsur yang ada dalam golongan IIB dan mempunyai warna putih perak. Kadmium dapat membentuk senyawa dengan unsur lain seperti CdI_2 dan $Cd(NO_3)_2$. Sifat kimia cadmium yaitu memiliki massa atom 112,41 sma, nomor atom 48, bilangan oksidasi +2. Kadmium memiliki titik didih 1040 K. Titik lebur kadmium yaitu 1040 K dan kadmium memiliki massa jenis sebesar 8,65 gram/cm^3. Elektronegatifitas untuk logam kadmium yaitu 1,69. Kadmium digunakan sebagai pelapis karena memiliki ketahanan korosi yang tinggi (Sunardi, 2006).

Tahun 1980 dilaporkan kasus toksisitas kadmium dan semakin meningkat pada akhir abad 20an seiring dengan perkembangan ilmu kimia. Sampai sekarang kadmium diketahui sebagai salah satu logam berat yang paling banyak menimbulkan toksisitas pada makhluk hidup. Berbagai pabrik menggunakan

Digital Repository Universitas Jember

kadmium dan bentuk garamnya dalam proses produksinya. Industri pelapisan logam adalah pabrik yang banyak menggunakan kadmium murni sebagai pelapis. Garam kadmium banyak digunakan industri dalam proses fotografi, produksi foto-elektrik, fosforus, foto-konduktor dan pembuatan gelas dan campuran perak. Kadmium asetat banyak digunakan pada proses industri porselen dan keramik (Sunardi, 2006).

Logam kadmium adalah logam berat yang penyebarannya sangat besar dialam dengan unsur lainnya, seperti CdS atau CdI. Logam kadmium ditemukan dalam setiap konsentrasi bijih Zn sekitar 0,2%-0,3%. Logam kadmium di alam sangan berpengaruh atas kehadiran logam Zn dan Pb, dalam industri pertambangan Pb dan Zn pada proses pemurniannya akan selalu diperoleh hasil samping kadmium yang terbuang ke lingkungan. Kadmium termasuk logam lunak berdasarkan sifat fisiknya, kadmium juga berwarna putih perak, dan mudah hilang kilapnya jika berada di udara basah atau lembab. Logam kadmium digunakan sebagai bahan stabilisasi pewarna dalam industri, kadmium juga digunakan untuk solder dan alloy-alloynya digunakan pada baterai (Palar, 1994).

2.5 Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

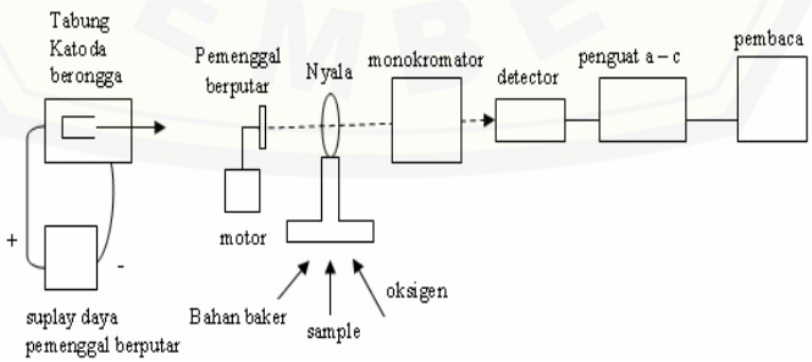
Spektroskopi Serapan Atom (SSA) atau *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) adalah alat yang mengukur radiasi dari atom-atom yang tereksitasi (absorban), apabila suatu atom dari suatu unsur ada pada keadaan dasar dikenai radiasi akan menyerap energi dan mengakibatkan elektron kulit terluar naik ke tingkat energi yang lebih tinggi disebut dengan tereksitasi (*exited state*). Perbedaan energi antara keadaan dasar dan keadaan tereksitasi sama dengan besar energi yang diserap (Hayati, 2007).

Spektroskopi Serapan Atom (SSA) adalah metode yang menggunakan fenomena penyerapan energi sinar oleh atom netral dalam bentuk gas sebagai dasar pengukuran dan sangat tepat untuk menganalisis zat pada konsentrasi rendah. Sampel yang disemprotkan yang berupa larutan atau suspensi kedalam nyala dapat menghasilkan atom-atom bebas. Besar kepekatan analit akan

Digital Repository Universitas Jember

ditentukan dari besarnya penyerapan bekas sinar garis resonansi yang melewati nyala. Cara analisis ini selain atomisasi dengan nyala dapat dilakukan dengan tanpa nyala atau *flameless atomizer*. Cara analisis tanpa nyala dilakukan dengan menggunakan energi listrik dengan batang karbon atau dengan uap saja seperti pada analisis merkuri. Spektroskopi Serapan Atom adalah cara analitis yang berdasar pada proses penyerapan energi radiasi gelombang elektromagnetik oleh populasi atom yang berbeda pada tingkat energi yang lebih tinggi, apabila sejumlah populasi atom yang berada pada tingkat energi dasar (E_o) diberikan seberkas radiasi gelombang elektromagnetik dengan tingkat energi tertentu (sesuai dengan besarnya energi untuk menaikkan tingkat energi atom dari $E_0 \rightarrow E_1$) maka sebagian energi radiasi akan diserap oleh atom dan tingkat energi atom naik dari $E_0 \rightarrow E_1$. Energi radiasi gelombang elektromagnetik yang tidak mengalami penyerapan akan keluar dari populasi atom dan intensitasnya berkurang sesuai dengan jumlah atom yang mengalami perpindahan tingkat energi. Pengurangan intensitas radiasi pada panjang gelombang yang sesuai dapat diukur dan besarnya sebanding dengan populasi atom yang menyerap radiasi tersebut. Perlakuan mengukur jumlah energi yang diserap, maka dapat menentukan konsentrasi atom elemen yang diuji (Suryana, 2001).

Keuntungan menganalisis dengan SSA yaitu tidak diperlukan pemisahan unsur atau larutan, sampel dapat dianalisis langsung kandungan unsurnya karena SSA merupakan instrumen yang mempunyai spesialisasi untuk menganalisis unsur logam dengan tingkat keakuratan yang baik (Khopkar, 1990).



Gambar 2.3 Komponen Utama Spektrofotometer Serapan Atom (Underwood, 1986)

Digital Repository Universitas Jember

Komponen utama SSA secara garis besar, yaitu:

a. Lampu katoda berongga (*Hollow Cathode Lamp*)

Bagian ini terdiri dari tabung gelas yang diisi dengan gas Neon (Ne) atau Argon (Ar) bertekanan rendah yaitu 4-10 torr, didalamnya dipasang sebuah anoda dan katoda berongga. Batang anoda terbuat dari logam wolfram/tungsten(W) sedangkan rongga katoda berlapis logam murni dari unsur obyek analisis.

b. Ruang Pengkabutan (*Spray Chamber*)

Ruang pengkabutan adalah bagian di bawah burner, contohnya larutan diubah menjadi aerosol. Dinding dalam dari bagian ini dibuat dari plastik/Teflon. Ruangan dalam ruang pengkabutan ini dipasang peralatan yang terdiri atas:

1. *Impact bead* atau *Nebulizer glass bead* yang berfungsi untuk memecahkan larutan menjadi partikel butir yang halus
2. *Flow spoiler* berupa baling-baling berputar berfungsi untuk mengemburkan butir/partikel larutan yang kasar
3. Inlet dari *fuel gas* dan *drain port* yaitu lubang pembuangan

c. Pembakar (*burner*)

Pembakar merupakan alat dimana campuran gas bahan bakar dan oksida dinyalakan. Pembentukan atom-atom analit yang akan diukur terbentuk saat nyala bersuhu tinggi. Burner untuk nyala udara asetilen dengan suhu 2000-2200 ◦C berlainan dengan nyala nitrous oksida-asetilen dengan suhu 2900-3000 ◦C. Keadaan burner harus selalu bersih untuk menjamin kepekaan yang tinggi dan *repeatability* yang baik.

d. Monokromator

Monokromator termasuk peralatan optik yang berfungsi untuk mengisolir sebuah resonansi dari sekian banyak spectrum yang dihasilkan oleh lampu katoda berongga.

e. Detektor

Jenis detektor yang biasa digunakan dalam spektroskopi serapan atom yaitu *photomultiplier tube*, yang mempunyai tingkat kepekaan lebih tinggi dari *phototube* biasa dan mempunyai kecepatan respon yang sangat cepat yaitu 10^{-9}

Digital Repository Universitas Jember

detik. Detektor berfungsi untuk mengubah energi radiasi yang jatuh pada detektor menjadi sinyal elektrik/perubahan panas.

f. Pipa sauran gas dan pembuangan gas dan udara kotor

(Suryana, 2001).

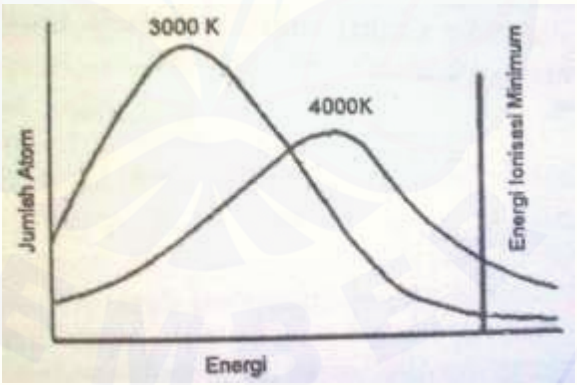
Alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA) terdiri dari tiga komponen yaitu unit atomisasi, sistem pengukur fotometrik dan sumber radiasi. Atomisasi dapat dilakukan baik dengan nyala maupun dengan tungku. Energi panas dibutuhkan untuk mengubah unsur metalik menjadi uap atau hasil disosiasi, pada saat proses atomisasi, agar sempurna diperlukan temperatur yang harus benar-benar terkendali dengan sangat hati-hati agar proses atomisasi sempurna. Temperatur yang tinggi harus dihindarkan agar ionisasi tidak terjadi. Gas oksidator dan bahan bakar dimasukkan ke dalam pencampur dan dilewatkan melalui *baffle*. Proses ini tidak selalu sempurna, terkadang nyala tersedot balik ke dalam kamar pencampur sehingga menyebabkan ledakan. Oleh karena itu, dibutuhkan pembakar dengan lubang sempit, aliran gas pembakar serta oksidator yang di kendalikan dengan seksama. Temperatur maksimum yang tercapai yaitu 1200 ◦C dengan oksidator udara tekan dan gas etilen. Temperatur tinggi biasa menggunakan N:O = 2:1. Banyaknya interferensi dan efek nyala yang tersedot balik menyebabkan nyala mulai kurang digunakan dan sebagai gantinya digunakan proses atomisasi tanpa nyala. Sampel sebanyak 1-2 µL diletakan pada batang grafik yang porosnya horizontal atau pada logam tantalum yang berbentuk pita. Temperatur dapat dikendalikansecara elektris pada tungku grafit, biasanya temperatur di naikan secara bertahap untuk menguapkan dan sekaligus mendisosiasi senyawa yang dianalisis (Khopkar, 1990).

Metode tanpa nyala lebih disukai dari metode nyala. Sumber harus mempunyai sifat kontinu saat ditinjau dari sumber radiasi. Sistem dengan penguraian optis yang sempurna diperlukan untuk memperoleh sumber sinar dengan garis absorpsi yang monokromatis. Sumber-sumber yang dapat memberikan garis emisi yang tajam dari suatu unsur spesifik tertentu dikenal sebagai lampu pijar *hollow cathode*. Lampu *hollow cathode* memiliki dua elektroda, satu diantaranya berbentuk slinder dan terbuat dari unsur yang sama

Digital Repository Universitas Jember

dengan unsur yang dianalisis. Lampu pijar ini diisi dengan gas mulia tambahan yang bertekanan rendah. Pemberian tegangan pada arus tertentu membuat logam mulai memijar, dan atom-atom logam katodanya akan teruapkan dengan pemercikan. Atom akan mengalami eksitasi dan mengemisikan radiasi pada panjang gelombang-panjang gelombang tertentu. Suatu garis yang diinginkan dapat diisolasi dengan suatu monokromator. Unsur-unsur yang diidentifikasi dengan sensitivitas dan limit deteksi pada teknik pengukuran ini dapat mencapai <1 mg/L (1 ppm) bila menggunakan lampu nyala biasa dan dapat dicapai sampai 0,1 ppm dengan menggunakan prosedur SSA yang lebih canggih.

Dalam spektroskopi atomik, faktor-faktor yang dapat menyebabkan pelebaran garis spektra merupakan suatu problem dalam sistem analisis metode ini. Dua hal yang paling sering menimbulkan masalah ini adalah pelebaran efek Doppler *(Doppler Boardening)* dan pelebaran tekanan *(Pressure Boardening).* Selama proses atomisasi atau ionisasi, sampel yang sedang diukur dapat bergerak menjauhi atau melalui detektor. Hal ini dapat menimbulkan loncatan Doppler pada spektra garis yang dihasilkan, sehingga garis spektra yang seharusnya berkisar antara 1-15 nm menjadi kira-kira 100 kali lebih lebar.



Gambar 2.4 Hubungan antara energi kinetik dengan jumlah atom yang terbentuk pada suhu yang berbeda

Gambar 2.4 menunjukkan grafik hubungan antara jumlah atom bebas sampel dengan energi yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu Efek pelebaran tekanan dapat timbul apabila suatu analit bertabrakan dengan spesies lain karena

Digital Repository Universitas Jember

perubahan energi. Efek ini semakin besar pengaruhnya sejalan dengan kenaikan suhu.

2.6 Akurasi (*Accuracy*)

Akurasi adalah persen perolehan kembali (*recovery*) analit yang telah ditambahkan. Akurasi merupakan ukuran yang menunjukkan persen kedekatan hasil analisis dengan kadar analit yang sebenarnya. Pengukuran akurasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu *spiked-placebo recovery method* (metode simulasi) dan *standard addition method* (metode penambahan baku). Perhitungan dalam metode simulasi dilakukan dengan cara sejumlah analit bahan murni ditambahkan ke dalam plasebo (semua campuran reagen yang digunakan tanpa analit), dilakukan analisis pada campuran dan hasil yang ada dibandingkan dengan standar yang telah ditambahkan. Perhitungan dalam metode penambahan baku (metode adisi) dilakukan dengan cara sampel dianalisis kemudian sejumlah tertentu analit yang diperiksa (analit murni) ditambahkan kedalam sampel, dilakukan pencampuran dan proses analisis kembali. Selisih kedua hasil dibandingkan dengan kadar hasil yang diharapkan. Metode penambahan baku tidak memerlukan perhitungan blanko. Pengukuran dengan jenis metode ini tidak dapat digunakan apabila penambahan analit mengganggu pengukuran, seperti mengubah pH, kurangnya pereaksi, atau kapasitas dapar. *Recovery* dalam dua metode tersebur dinyatakan sebagai rasio perbandingan hasil sebenarnya dengan hasil yang diperoleh. Syarat *recovery* yang bagus pada suatu perhitungan yaitu tidak boleh lebih dari 5% (Riyanto, 2014). Perhitungan perolehan kembali juga dapat ditetapkan dengan rumus persamaan (2.1)

$$\%\ \text{Perolehan Kembali (}\textit{Recovery}\text{)} = \frac{C1-C2}{C3} \times 100\ \% \qquad (2.1)$$

Ket:

C_1 = Konsentrasi dari analit dalam campuran contoh + sejumlah tertentu analit
C_2 = Konsentrasi dari analit dalam contoh
C_3 = Konsentrasi dari analit yang ditambahkan kedalam contoh

Digital Repository Universitas Jember

Akurasi dengan uji perolehan kembali harus memperhatikan konsentrasi akhir sampel setelah dilakukan penambahan analit dari larutan standar berkisar antara 2-5 kali dari kali konsentrasi sampel sebelum ditambahkan analit. Nilai konsentrasi sampel yang telah ditambahkan analit tidak boleh melebihi batas rentang tertinggi pada ruang lingkup metode pengujian yang digunakan. Nilai konsentrasi sampel yang telah ditambahkan analit harus masuk dalam regresi linear kurva kalibrasi yang digunakan. Syarat analit yang dapat ditambahkan ke dalam sampel yaitu memiliki kelarutan mirip dengan sampel; memiliki matrik mirip dengan sampel serta memiliki kemurnian tinggi (Riyanto, 2014).

Akurasi merupakan kemampuan metode analisis yang bertujuan untuk memperoleh nilai sebenarnya setelah dilakukan secara berulang. Semakin dekat nilai replika analisis dengan sampel maka keakuratan akurasi akan semakin tinggi. Rentang kesalahan yang diijinkan pada setiap konsentrasi analit pada matriks dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Nilai persen *recovery* berdasarkan nilai konsentrasi sampel (Harmita, 2004)

Analit pada matriks sampel	**Recovery yang diterima (%)**
10 < A ≤ 100 (%)	98 – 102
1 < A ≤ 10 (%)	97 – 103
0,1 < A ≤ 1 (%)	95 – 105
0,001 < A ≤ 0,1 (%)	90 – 107
100 ppb < A ≤ 1 ppm	80 – 110
10 ppb < A ≤ 100 ppb	60 – 115
1 ppb < A ≤ 10 ppb	40 – 120

Tabel 2.2 menunjukkan nilai persen *recovery* berdasarkan nilai konsentrasi sampel, dimana hasil recovery yang baik terdapat pada presentase 80% - 100% dimana nilai absorbansi harus berada pada presentase kurang dari 10 ppm (Harnita, 2004).

Digital Repository Universitas Jember

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2017 - Mei 2018 di Laboratorium Kimia Analitik, Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan Laboratorium Struktur Fakultas Teknik Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

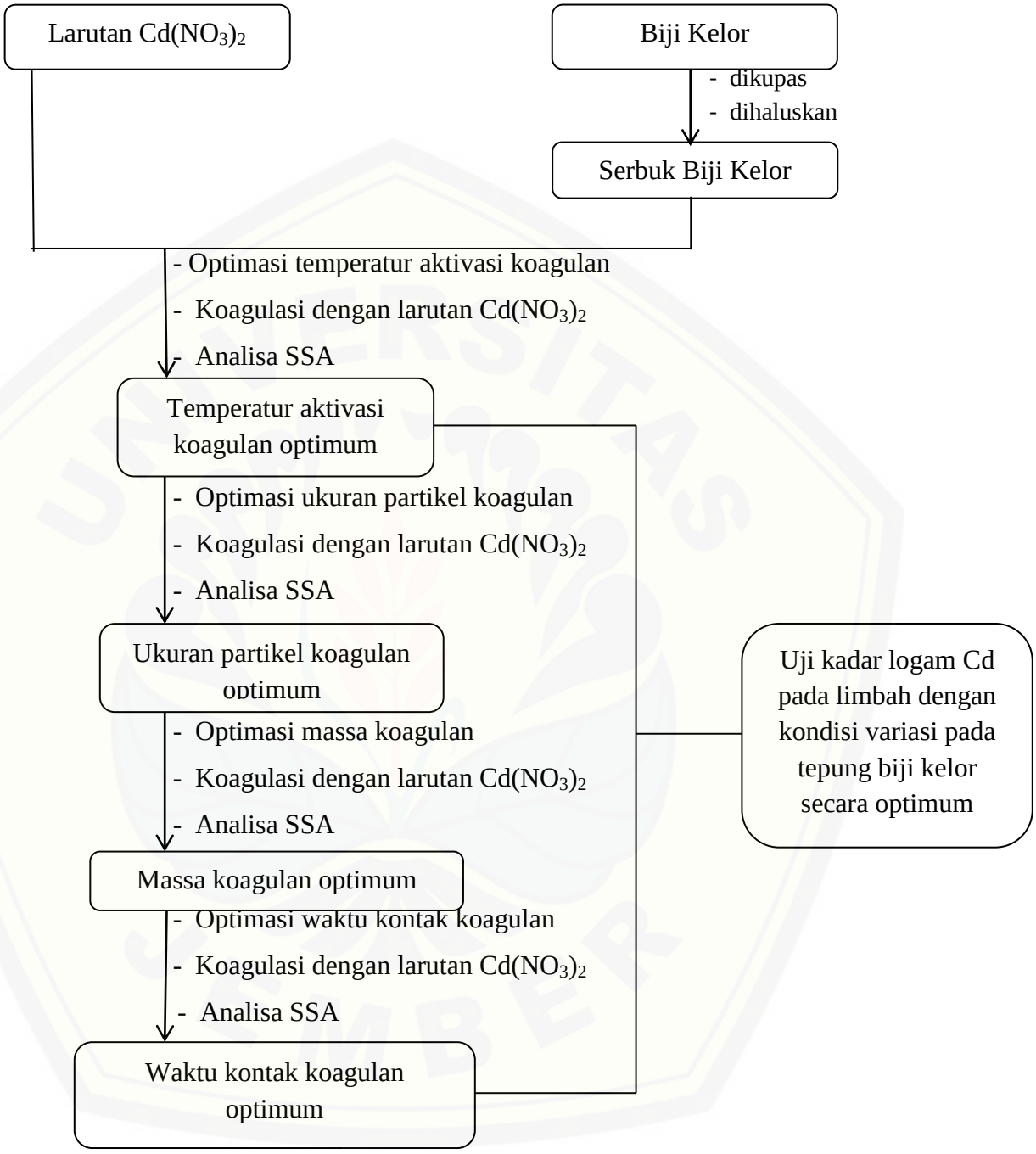
Peralatan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu diantaranya Spektroskopi Serapan Atom (SSA), mortar dan pastel, *hot plate,* toples kosong, botol kaca, desikator, *magnetic stirrer*, *beaker glass*, labu ukur, gelas ukur, erlenmeyer, corong, kertas saring, ball pipet, neraca analitik, stopwatch, batang pengaduk, pisau, kaca arloji, pH meter, pipet tetes, pipet mohr, pipet volume, oven, ayakan 20; 40; 60; 80 mesh.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah larutan standar Cd 1000 mg/L (Merck), akuades, Padatan $Cd(NO_3)_2$ p.a (merck), Na_2HPO_4 p.a (merck), NaH_2PO_4 p.a (merck), kertas saring, biji kelor tua dan limbah cair industri sarden.

Digital Repository Universitas Jember

3.3 Diagram Penelitian



Digital Repository Universitas Jember

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Preparasi Biji Kelor

Biji kelor yang digunakan adalah biji kelor yang sudah tua berwarna kecoklatan yang diambil langsung dari pohonnya kemudian dikupas kulitnya untuk diambil bijinya. Langkah selanjutnya dibersihkan kulit yang berwarna cokelat (kulit arinya) sampai diperoleh biji kelor yang berwarna putih sebanyak 1000 gram. Biji kelor dihaluskan dengan mortar dan pastle. Biji kelor yang telah halus disimpan dalam wadah bersih yang tertutup.

3.4.2 Uji Kadar Air

Biji kelor yang telah dikupas kemudian ditimbang pada neraca analitik dan dicatat massanya. Biji kelor kemudian dipanaskan dalam oven pada temperatur 100 ◦C (Bernard, 2008) selama 2 jam kemudian dimasukan dalam desikator selama 30 menit. Langkah selanjutnya ditimbang kembali biji kelor pada neraca analitik dan dicatat massa. Kadar air dapat dihitung dengan persamaan 3.1

$$\frac{M1-M2}{M1-M3} \text{ x } 100\% \qquad (3.1)$$

3.4.3 Pembuatan Larutan Induk Cd 1000 ppm

Padatan $Cd(NO_3)_2$ ditimbang sebanyak 2,462 gram kemudian dilarutkan dengan sedikit aquades dalam beaker glass dan diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 500 mL sampai tanda batas.

3.4.4 Pembuatan Larutan Standar Cd

Larutan standar Cd 1000 ppm disiapkan sebanyak 2,5 mL dan dimasukan ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan panambahan akuades sampai tanda batas. Larutan standar Cd dengan konsentrasi 10 ppm diambil dengan variasi volume 10; 20; 30; 40; 50 mL dan dimasukan pada masing-masing labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan penambahan akuades sampai tanda batas.

Digital Repository Universitas Jember

Hasil pengenceran memperoleh konsentrasi larutan standart dengan variasi konsentrasi yaitu 1; 2; 3; 4 dan 5 ppm. Masing-masing larutan standar diukur absorbansinya menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 228,3 nm. Selanjutnya dibuat kurva kalibrasi hubungan antara konsentrasi larutan (sumbu x) dengan absorbansi larutan (sumbu y). sehingga akan didapatkan persamaan:

$$Y = mx + C \quad (3.2)$$

Berdasarkan persamaan tersebut, dapat ditentukan konsentrasi Cd dari absorbansi yang diperoleh pada tiap-tiap perlakuan.

3.4.5 Optimasi Aktivasi Koagulan Biji Kelor

Biji Kelor yang telah dihaluskan ditimbang sebanyak 2 gram dengan ukuran partikel 40 mesh dalam 5 wadah. Masing-masing biji kelor dipanaskan dengan variasi temperatur yaitu 25 °C (suhu ruang), 40 ºC, 60 ºC, 80 ºC, 100 ºC, 120 ºC dalam oven selama 2 jam. Masing-masing variasi serbuk kelor ditambahkan dalam larutan $Cd(NO_3)_2$ 10 ppm dengan pH 6,5 sebanyak 100 ml. Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan skala 5 selama 30 detik. Campuran diaduk kembali dengan skala 2 selama 5 menit. Pencampuran dilakukan dengan 2 tahap pengadukan secara cepat dan lambat. Campuran didiamkan selama 40 menit kemudian dilakukan proses dekantasi. Filtrat masing-masing variasi ukuran partikel diukur absorbansi Cd dengan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) panjang gelombang 228,3 nm. Masing-masing variasi ukuran partikel dilakukan pengulangan pengukuran sebanyak 3 kali.

3.4.6 Optimasi Ukuran Partikel Koagulan Biji Kelor

Biji kelor dihaluskan menjadi serbuk dan diambil sebanyak 2 gram dengan variasi ukuran 40 mesh, 60 mesh dan 80 mesh. Tepung biji kelor yang digunakan dioven menggunakan temperatur aktivasi koagulan optimum selama 2 jam. Masing-masing variasi serbuk kelor ditambahkan dalam larutan $Cd(NO_3)_2$ 10 ppm

Digital Repository Universitas Jember

dengan pH 6,5 sebanyak 100 mL. Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan skala 5 selama 30 detik. Campuran diaduk kembali dengan skala 2 selama 5 menit. Pencampuran dilakukan dengan 2 tahap pengadukan secara cepat dan lambat. Pengadukan cepat berfungsi untuk pemecahan ikatan, sedangkan pengadukan lama berfungsi untuk pembentukan flok. Campuran didiamkan selama 40 menit kemudian dilakukan proses dekantasi. Filtrat masing-masing variasi ukuran partikel diukur absorbansi Cd dengan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) panjang gelombang 228,3 nm. Masing-masing variasi ukuran partikel dilakukan pengulangan pengukuran sebanyak 3 kali.

3.4.7 Optimasi Massa Koagulan Biji Kelor

Serbuk biji kelor disiapkan dengan variasi massa yaitu 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14 gram. Tepung biji kelor yang digunakan dioven dengan temperatur optimum dalam proses aktivasi koagulan selama 2 jam dengan ukuran partikel optimum. Masing-masing serbuk biji kelor ditambahkan dalam larutan $Cd(NO_3)_2$ 10 ppm pH 6,5 sebanyak 100 mL. Langkah selanjutnya diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan skala 5 selama 30 detik. Masing-masing campuran diaduk kembali dengan skala 2 selama 5 menit. Masing-masing campuran didiamkan selama 40 menit kemudian dilakukan proses dekantasi. Filtrat masing-masing variasi massa biji kelor diukur absorbansi Cd dengan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 228,3 nm. Masing-masing variasi massa biji kelor dilakukan pengulangan pengukuran sebanyak 3 kali.

3.4.8 Optimasi Waktu Kontak Koagulan Biji Kelor

Serbuk biji kelor dipanaskan dengan temperatur aktivasi koagulan optimum dalam oven selama 2 jam dengan ukuran partikel dan massa optimum. Serbuk biji kelor ditambahkan ke dalam larutan $Cd(NO_3)_2$ 10 ppm pH 6,5 sebanyak 100 mL. Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan skala 5 selama 30 detik dan diaduk kembali dengan skala 2 selama 5 menit. Masing-masing didiamkan dengan

Digital Repository Universitas Jember

variasi waktu 20, 40, 60, 80, 100 dan 120 menit., Masing-masing larutan didekantasi dan diambil filtratnya. Filtrat masing-masing varian waktu pengendapan diukur absorbansi Cd dengan Spektroskopi Serapan Atom (AAS) pada panjang gelombang 228,3 nm. Pengukuran masing-masing variasi dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

3.4.9 Aplikasi Metode Koagulasi dengan Aktivasi, Ukuran Partikel, Massa dan Waktu Kontak Koagulan Optimum Koagulan pada Limbah

Serbuk biji kelor dengan ukuran partikel optimum, massa optimum dan temperatur aktivasi optimum ditambahkan ke limbah cair sebanyak 100 mL. Campuran ditambahkan dengan buffer pH 6,5 kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan skala 5 selama 30 detik dan diaduk kembali dengan skala 2 selama 5 menit. Larutan diendapkan dengan waktu pengendapan optimum. Langkah selanjutnya dilakukan dekantasi kemudian dianalisis sisa kadar Cd, diukur dengan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Persentase sisa logam kadmium pada sampel dtentukan.

3.4.10 Uji *Recovery*

Perhitungan uji recovery dimulai dengan pengukuran sampel limbah dengan menggunakan SSA dan ditentukan konsentrasinya. Sampel kemudian ditambahkan dengan larutan baku dengan volume 1:1 dan ditentukan konsentrasi total sampel. Larutan dianalisis secara simultan dan ditentukan konsentrasi total sampel. Perolehan kembali dari sampel terhadap kadar larutan baku yang ditambahkan dapat dihitung dengan persamaan 3.3

$$\% \text{ Recovery} = \frac{[Sampel+Standar] - [Sampel]}{[Standar]} \times 100\% \qquad (3.3)$$

Digital Repository Universitas Jember

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, makan dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil analisis menunjukkan penurunan kadar logam Cd yang bekerja secara optimum terdapat pada temperatur aktivasi 100 ◦C dapat menurunkan kadar kadmium menjadi 0,558 ppm yang menunjukan bahwa temperatur aktivasi dan nilai absorbansi berbanding terbalik.
2. Ukuran partikel koagulan optimum pada kondisi 80 mesh dapat menurunkan kadar kadmium menjadi 2,211 ppm. Hal ini menunjukan bahwa nilai absorbansi dan ukuran partikel koagulan berbanding terbalik.
3. Massa koagulan optimum pada 10 gram dengan penurunan kadar kadmium menjadi 1,128 ppm. Hal ini menunjukan bahwa nilai absorbansi dan massa koagulan berbanding terbalik
4. Waktu kontak koagulan optimum pada pendiaman selama 100 menit dengan penurunan kadar kadmium menjadi 1,328 ppm. Hal ini menunjukan bahwa nilai absorbansi dan ukuran partikel koagulan berbanding terbalik
5. Biji kelor sebagai koagulan alami mempunyai kemampuan menurunkan kadar logam Cd dalam sampel larutan $Cd(NO_3)_2$ sebesar 91,85%. Namun, biji kelor tidak dapat melakukan proses koagulan spesifik hanya pada logam Cd saja pada sampel limbah sehingga penurunan kadar logam Cd pada sampel limbah hanya sebesar 85,67%.

5.2 Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut yang dilakukan, beberapa hal diantaranya:

1. Penelitian dengan variasi pengaruh kecepatan pengadukan dan pH pada proses koagulasi

Digital Repository Universitas Jember

2. Koagulan alami biji kelor tidak dapat spesifik mengkoagulasi logam Cd sehingga perlu dicari alternatif koagulan alami lain
3. Perlu perbandingan hasil penelitian proses koagulasi koagulan alami dengan koagulan tawas.

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR PUSTAKA

Aji, Bahtiar Nugroho, *et al*. 2014. *Penggunaan Serbuk Biji Kelor untuk Menurunkan Kadar Pb, Kekeruhan dan Intensitas Warna*. Tidak Diterbitkan. Jurnal. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Anhwange, B. A., Ajibola , V.O., Oniye, S.J. 2004. *Amino Acid Composition of the seeds of Moringa oleifera (Lam), Detarium Microcarpum (Guill & Sperr) and Bauhinia monandra (Linn.). Chem Class Journal*: 9-13.

Budiman, Pratomo Sastrowardoyo. 2007. *Sorpsi Seng pada Na-Bentonit*. Yogyakarta: BATAN.

Day, R.A dan Underwood, A.L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitas*. Jakarta : Erlangga.

Dahlan, M. Hatta, Siregar, Hariman P., Yusra, maswardi. 2013. *Penggunaan Karbon Aktif Dari Biji Kelor Dapat Memurnikan Minyak Jelantah*. Jurnal. Palembang: Universutas Sriwijaya.

Dolcas Biotech LLC. 2008. Journal. http://info@dolcas-biotech.com.

Engelhardt, Terry L. 2010. "*Coagulation, Floculation and Clarification of Drinking Water*" Tidak Diterbitkan. Makalah. Hach Company.

Fessenden, R.J & Fessenden, J.S. 1986. *Kimia Organik II*. Terjemahan oleh Aloysius Hadyana Pudjaatmaka. 1999. Jakarta: Erlangga.

Hammer. 1997. *Water and Wastewater Technology, 2nd* Ed. New York: John Willey and Son Inc.

Hayati, E K. 2007. *Buku Ajar Kimia Spektroskopi*. Malang: UIN Malang.

Digital Repository Universitas Jember

Hendrawati, Syamsumarsih. D & Nurhasni. 2013. Penggunaan Biji Asam Jawa dan Biji Kecipir Sebagai Koagulan alami dalam Memperbaiki Kualitas Air Tanah. *Jurnal Kimia Valensi*. Vol 3(1).

Hidayat. 2006. *Pemberdayaan Masyarakat Bantaran Sungai Lematong dalam Menurunkan Kekeruhan Air dengan Biji Kelor (Moringa oleifera) sebagai Upaya Pengembangan Proses Penjernihan Air*. Malang: Universitas Negeri Malang.

Ismail, Herdyanto Lapasau. 2013. *Pemanfaatan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*. Tidak Diterbitkan. Jurnal. Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo.

Istarani, Festri dan Pandebesie, Eline S. 2014. *Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) Terhadap Dampak Penurunan Kualitas Lingkungan*. Jurnal Teknik Pomits. Vol 3(1).

Khopkar, S.M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.

Kiely, G. 1997. *Environment Engineering*. Boston: Irwin McGraw-Hill.

Kirk and Othmer. 1964. *Encyclopedia of Chemical Technology*, 2nd Edition, Volume 3. New York: Interscience Publisher Adivition of John Willey and Son Inc.

Lehninger, A. L. 1982. *Dasar-Dasar Biokimia*. Terjemahan oleh Maggy Thenawidjaja. 2004. Jakarta: Erlangga.

Martin, J.S., Ghrebmichael, dan K., Heredia, J.B. 2010. *Comparison of single-step and two-step purified coagulants from Moringa oleifera seed for turbidity and DOC removal. Bioresource Technology*, 101: 6259-6261. New York: Interscience Publisher Adivition of John Willey and Son Inc.

Okuda, Baes, Nishijima, dan Okada. Tanpa Tahun. "*Coagulation Mechanism of Salt Solution-Extraced Active Component in Moringa oleifera Seeds".* Tidak Diterbitkan. Laporan Penelitian. Hiroshima: Hiroshima University.

Digital Repository Universitas Jember

Olayemi, A.B. 1995. *Studies on Traditional Water Purification Using oringa oleifera Seeds*. Department of Biologycal Science. Nigeria: University of Ilorin.

Palar. 1994. *Pencemaran dan Toksilogi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.

Pari G. 2004. *Kajian Struktur Arang Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu sebagai Adsorben Emisi Formaldehida Kayu Lapis [Disertasi Program Doktor]*. Bogor: Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.

Prayitno. 2007. *Pemisahan Kadmium Dalam Limbah Cair Industri Percetakan Dengan Sistem Elektromagnetik Plating*. Tidak Diterbitkan. Yogyakarta: BATAN.

Purnomo, Hadi dan Surodjo, Suzana. 2012. *Pengaruh Penambahan Tepung Biji Kelor (Moringa oleifera) Bebas Minyak Sebagai Koagulan Alami Pada Pengolahan Limbah Air Penggilingan Kedelai Industri Tempe*. Tidak Diterbitkan. Jurnal. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.

Putra, Riko, *et al*. 2013. *Pemanfaatan Biji Kelor Sebagai Koagulan Pada Proses Koagulasi Limbah Cair Industri Tahu dengan Menggunakan Jar Test*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.

Rajeswari, M, *et al*. 0212. Continuous Biosorption of Cadmium by Moringa oleifera in A Packed Colomn. *Journal Biotechnology and Bioprocess Engineering.* Vol 18.

Rani, Indra Yuliastri. 2010. *Penggunaan Serbuk Biji Kelor (Moringa oleifera) Sebagai Koagulan dan Flokulan dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah dan Air Tanah*. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Ridaniati, Ayu Bangun, *et al*. 2013. *Pengaruh Kadar Air, Dosis dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu.* Tidak Diterbitkan. Jurnal. Sumatera: Universitas Sumatera Utara.

Digital Repository Universitas Jember

Ruslan dan Syarifudin. 2014. *Efektifitas Serbuk Biji Kelor Moringa Oleifera Lamk. dalam Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) pada Air*. Tidak Diterbitkan. Jurnal Alam Dan Lingkungan. Makassar: Universitas Hassanudin.

Sahni, Pushpa dan Shalini Srivasta. 2008. *A systems Approach to isolation and Characterization of Protein Content of Shelled Moringa oleifera Seeds Used for Decontamination of Arsenic From Water Bodies*. NSC: XXXII National Systems Conference.

Sastrowardoyo, Pratomo Budiman. 2007. Sorpsi Seng Pada Na-Bentonit. *Journal of Waste Management Technology*. Vol 10(1).

Sax and Lewis. 1987. *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, 11th Edition. New York: Van Nostran Reinholding Company.

Schwarz, Dishna. 2000. Water Clarification using *Moringa oleifera*. International Journal of Technical Information.

Sneed and Brasted. 1996. *Comprehensive Inorganic Chemistry*. Canada: Van Nostrand Company Inc.

Sunardi. 2006. *Unsur-Unsur Kimia*. Jakarta: Erlangga.

Sumanto, Didik dan Fuad Al Hamidy. 2011. *Studi Efisiensi Bahan Untuk Pemeriksaan Infeksi Kecacingan Metode Flotasi NaCl Jenuh Menggunakan NaCl Murni Dan Garam Dapur*. Tidak Diterbitkan. Jurnal. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Telaumbanua, Zulmakmur. 2013. Pemanfaatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa sebagai Koagulan Komersial Karet Alam Nias Utara. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.

Yuliastri, Indra Yani. 2010. Penggunaan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Koagulan dan Flokulan dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah dan Air Tanah. Skripsi. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Digital Repository Universitas Jember

Weiner, Bruce B., Tscharnuter, W. W., Fairhust D. 1993. "*Zeta Potensial: A New Approach*." Tidak Diterbitkan. Jurnal. Canada: The Canada Mineral Analysts Meeting.

Digital Repository Universitas Jember

LAMPIRAN

Lampiran 3.4.2 Uji Kadar Air

	M_1 (g)	M_2 (g)	M_3 (g)	Kadar Air (%)
Cawan 1	64,5931	64,4241	60,5781	4,2092
Cawan 2	64,5931	64,4241	60,5781	3,0631
Cawan 3	73,1434	72,5224	69,1284	15,4669
Rata-Rata				7,5797

Keterangan:

M_1 = M Cawan + Berat sampel awal

M_2 = M Cawan + Berat sampel akhir

M_3 = M Cawan

Contoh perhitungan penentuan persentase kadar air biji kelor:

Cawan 1

M_1 = 60,5781 g + 4,015g = 64,5931 g

M_2 = 60,5781 g + 3,846 g = 64,4241g

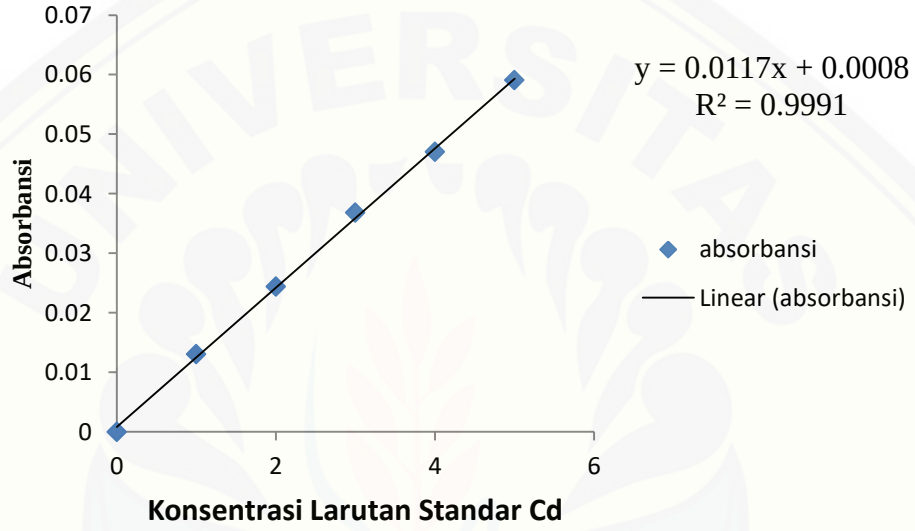
M_3 = 60,5781 g

$\frac{M1-M2}{M1-M3}$ X 100% = $\frac{0,169}{M14,015-M3}$ X 100% = 4,2092%

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran 4.1 Data Kurva Kalibrasi

Konsentrasi Larutan Standar Cd	A
0 mg/L	0
1 mg/L	0,013065
2 mg/L	0.024404
3 m/L	0.036812
4 mg/L	0.047024
5 mg/L	0.059102



Persamaan Garis Kurva Standar:

y = 0.0117x + 0,0008

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran 4.2 Data Variasi Optimasi Kogulan (Tepung Biji Kelor) Terhadap Penurunan Kadar Logam Cd

4.2.1 Optimasi Aktivasi Koagulan

Suhu Aktivasi (ºC)	Absorbansi sisa Cd			[Cd] Awal (ppm)	[Cd] sisa (ppm)			Rata-Rata (ppm)	Standar Deviasi
	Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III		Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III		
25	0.033	0.036	0.034	10.102	2.752	3.008	2.838	2.866	0.130
40	0.031	0.023	0.032	10.102	2.581	1.897	2.667	2.382	0.422
60	0.017	0.023	0.019	10.102	0.932	1.897	1.556	1.462	0.489
80	0.012	0.0017	0.016	10.102	0.957	1.385	1.299	1.213	0.226
100	0.005	0.008	0.009	10.102	0.358	0.615	0.701	0.558	0.163
120	0.006	0.002	0.013	10.102	0.444	0.103	1.043	0.637	0.475

A. Contoh Perhitungan Konsentrasi Logam Cd Pada Temperatur Optimum Aktivasi Tepung Biji Kelor

Temperatur 100 °C

- Pengulangan I

Dik. Nilai absorbansi (y):

y = 0.005

Persamaan Garis Kurva Standar:

y = 0.0117x + 0,0008

Digital Repository Universitas Jember

0.005 = 0.0117x + 0,0008

0.005 – 0,0008 = 0.0117x

x = 0,358 ppm

Digital Repository Universitas Jember

4.2.2 Optimasi Ukuran Partikel Koagulan

Ukuran Partikel (^{o}mesh)	Absorbansi sisa Cd			[Cd] Awal (ppm)	[Cd] sisa (ppm)			Rata-Rata (ppm)	Standar Deviasi
	Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III		Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III		
40	0.046	0.038	0.045	10.102	3.863	3.179	3.778	3.607	0.373
60	0.037	0.034	0.036	10.102	3.094	2.838	3.008	2.980	0.310
80	0.027	0.028	0.025	10.102	2.239	2.325	2.068	2.211	0.130

A. Contoh Perhitungan Konsentrasi Logam Cd Pada Ukuran Partikel Optimum Koagulan Biji Kelor

Ukuran Partikel 80 mesh

- Pengulangan I

Dik. Nilai absorbansi (y):

y = 0.027

Persamaan Garis Kurva Standar:

y = 0.0117x + 0,0008

0.027 = 0.0117x + 0,0008

0.027 – 0,0008 = 0.0117x

x = 2.239 ppm

Digital Repository Universitas Jember

4.2.3 Optimasi Massa Koagulan

Massa (g)	Absorbansi sisa Cd			[Cd] Awal (ppm)	[Cd] sisa (ppm)			Rata-Rata (ppm)	Standar Deviasi
	Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III		Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III		
2	0.060	0.041	0.055	10.102	5.060	3.436	4.632	4.376	0.842
4	0.038	0.046	0.052	10.102	3.179	3.863	4.376	3.806	0.600
6	0.045	0.021	0.037	10.102	3.778	1.726	3.094	2.866	1.044
8	0.020	0.027	0.031	10.102	1.641	2.239	2.581	2.154	0.475
10	0.013	0.010	0.019	10.102	1.043	0.786	1.556	1.128	0.392
12	0.011	0.026	0.020	10.102	0.872	2.154	1.641	1.556	0.645
14	0.039	0.013	0.034	10.102	3.265	1.043	2.838	2.382	1.179

Digital Repository Universitas Jember

A. Contoh Perhitungan Konsentrasi Logam Cd Pada Ukuran Partikel Optimum Koagulan Biji Kelor

Dosis Massa 10 gram

- Pengulangan I

Dik. Nilai absorbansi (y):

y = 0.013

Persamaan Garis Kurva Standar:

y = 0.0117x + 0,0008

0.013 = 0.0117x + 0,0008

0.013 – 0,0008 = 0.0117x

x = 1.043 ppm

Digital Repository Universitas Jember

4.2.4 Optimasi Waktu Kontak Koagulan

Waktu Kontak (menit)	Absorbansi sisa Cd			[Cd] Awal (ppm)	[Cd] sisa (ppm)			Rata-Rata (ppm)	Standar Deviasi
	Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III		Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III		
20	0.049	0.037	0.068	10,102	4.119	3.094	5.744	4.319	1.336
40	0.045	0.045	0.036	10,102	3.780	3.778	3.009	3.522	0.445
60	0.033	0.041	0.036	10,102	2.752	3.436	3.009	3.065	0.345
80	0.026	0.027	0.030	10,102	2.154	2.239	2.496	2.296	0.178
100	0.020	0.013	0.016	10,102	1.641	1.043	1.299	1.328	0.300
120	0.009	0.022	0.019	10,102	0.701	1.812	1.556	1.356	0.582

A. Contoh Perhitungan Konsentrasi Logam Cd Pada Ukuran Partikel Optimum Koagulan Biji Kelor
Waktu Kontak Koagulan 100 menit

- Pengulangan I

Dik. Nilai absorbansi (y):

y = 0.020

Persamaan Garis Kurva Standar:

y = 0.0117x + 0,0008

0.020 = 0.0117x + 0,0008

0.020 – 0,0008 = 0.0117x = 1.641 ppm

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran 4.3 Perhitungan Konsentrasi Logam Cd Sebelum dan Sesudah Penambahan Koagulan Tepung Biji Kelor Pada Larutan $Cd(NO_3)_2$

4.3.1 Konsentrasi Kadmium Awal Pada Sampel $Cd(NO_3)_2$

- Konsentrasi awal larutan $Cd(NO_3)_2$ sebelum proses koagulasi

Larutan $Cd(NO_3)_2$	**Absorbansi sisa Cd**			**[Cd] sisa (ppm)**			**Rata-Rata (ppm)**	**Standar Deviasi**
	I	**II**	**III**	**I**	**II**	**III**		
1	0.119	0.112	0.119	10.102	9.504	10.102	9.902	0.345
2	0.118	0.120	0.113	10.017	10.188	9.590	9.998	0.308
3	0.123	0.118	0.117	10.444	10.017	9.932	10.407	0.274

$$[Cd]\ Awal = \frac{9.902+9.998+10.407}{3} = 10.102\ ppm$$

Digital Repository Universitas Jember

4.3.2 Konsentrasi Kadmium Sisa Pada Sampel $Cd(NO_3)_2$

Larutan $Cd(NO_3)_2$	Absorbansi sisa Cd			[Cd] sisa (ppm)			Rata-Rata (ppm)	Standar Deviasi
	I	II	III	I	II	III		
1	0.012	0.012	0.009	0.957	0.957	0.701	0.872	0.148
2	0.012	0.008	0.011	0.957	0.615	0.872	0.815	0.128
3	0.009	0.011	0.009	0.701	0.872	0.701	0.758	0.099

A. Konsentrasi Logam Cd Setelah Penambahan Koagulan Tepung Biji Kelor

$$[Cd]\ Akhir = \frac{0.872+0.815+0.758}{3} = 0.815\ ppm$$

B. Presentase Penurunan [Cd] Pada Sampel $Cd(NO_3)_2$

$$\frac{[Cd]awal-[Cd]akhir}{[Cd]awal}\ X\ 100\% = \frac{10.102\ ppm-0{,}815\ ppm}{10.102\ ppm} = 91.85\ \%$$

Lampiran 4.4 Perhitungan Konsentrasi Logam Cd Sebelum dan Sesudah Penambahan Koagulan Tepung Biji Kelor Pada Limbah

4.4.1 Data Sampel Limbah Sebelum Penambahan Koagulan Tepung Biji Kelor

Sampel Limbah Cair	Absorbansi sisa Cd			[Cd] Awal (ppm)			Rata-Rata (ppm)	Standar Deviasi
	I	II	III	I	II	III		
1	0.039	0.043	0.054	3.265	3.607	4.547	3.806	0.664
2	0.060	0.037	0.045	5.059	3.094	3.778	3.977	0.997
3	0.037	0.038	0.045	3.094	3.179	3.778	3.350	0.373

$$[Cd]\ Awal = \frac{3.806+3.977+3.350}{3} = 3.711\ ppm$$

Digital Repository Universitas Jember

4.4.2 Data Sampel Limbah Setelah Penambahan Koagulan Tepung Biji Kelor

Sampel Limbah Cair	Absorbansi sisa Cd			[Cd] Sisa (ppm)			Rata-Rata (ppm)	Standar Deviasi
	I	II	III	I	II	III		
1	0.003	0.007	0.006	0.188	0.529	0.444	0.387	0.177
2	0.008	0.004	0.007	0.615	0.273	0.530	0.473	0.178
3	0.010	0.008	0.015	0.786	0.615	1.214	0.872	0.308

A. Konsentrasi Logam Cd Setelah Penambahan Koagulan Tepung Biji Kelor

$\frac{0.387+0.473+0.872}{3}$ = 0.577 ppm

B. Penurunan Kadar Logam Cd Pada Limbah

= $\frac{[Cd]awal-[Cd]akhir}{[Cd]awal}$ X 100%

= $\frac{3.711ppm-0.577\ ppm}{3.711\ ppm}$ X 100%

= 85.67 %

Lampiran 4.5 Perhitungan Konsentrasi Sampel dan Uji Recovery dalam Limbah

Pengulangan	Absorbansi Sampel Limbah	Larutan Standar (ppm)	Absorbansi sampel+Larutan Standar
1	0.005	2	0.024
2	0.006	2	0.027
3	0.011	2	0.027

Persamaan Kurva Kalibrasi y = 0.0117x + 0.008

A. Perhitungan Konsentrasi Logam Cd dalam sampel (mg/L)

- Pengulangan 1 :

y = 0.0117x + 0.008

0.005 = 0.0117x + 0.008

0.005 - 0.008 = 0.0117x

0.0042 = 0.0117x

x = 0.358 mg/L

Digital Repository Universitas Jember

- Pengulangan 2 :

  y = 0.0117x + 0.008

  0.006 = 0.0117x + 0.008

  0.006 - 0.008 = 0.0117x

  0.0052 = 0.0117x

  x = 0.441 mg/L

- Pengulangan 3 :

  y = 0.0117x + 0.008

  0.011 = 0.0117x + 0.008

  0.011 - 0.008 = 0.0117x

  0.0102 = 0.0117x

  x = 0.872 mg/L

- Konsentrasi rata-rata : $\frac{0.358+0.441+0.872}{3}$ = 0.557 mg/L

B. Perhitungan Konsentrasi Logam Cd dalam Campuran Sampel dan Larutan Standart

   Pengulangan 1 :

   y = 0.0117x + 0.008

   0.024 = 0.0117x + 0.008

   0.024 - 0.008 = 0.0117x

   0.0232 = 0.0171x

   x = 1.983 mg/L

C. Pengulangan 2 :

   y = 0.0117x + 0.008

   0.027 = 0.0117x + 0.008

   0.027 - 0.008 = 0.0117x

   0.0262 = 0.0117x

Digital Repository Universitas Jember

x = 2.39 mg/L

D. Pengulangan 3 :

y = 0.0117x + 0.008

0.27 = 0.0117x + 0.008

0.27 - 0.008 = 0.0117x

0.0262 = 0.0117x

x = 2.39 mg/L

- Konsentrasi rata-rata : $\frac{1.983+2.239+2.239}{3}$ = 2.154 mg/L

% Recovery : $\frac{[[C]sampel+spike]-[[C]sampel]}{[C]spike}$ x 100%

% Recovery : $\frac{[2.154]-0.557]}{2}$ x 100% = 79.85%