



***PEMANFAATAN ARANG AKTIF SEBAGAI ABSORBAN LOGAM BERAT
DALAM AIR LINDI DI TPA PAKUSARI JEMBER***

Skripsi

Oleh :

Yola Lyliana Herlandien

NIM 081810301027

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2013



***PEMANFAATAN ARANG AKTIF SEBAGAI ABSORBAN LOGAM BERAT
DALAM AIR LINDI DI TPA PAKUSARI JEMBER***

Skripsi

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1) dan mencapai gelar sarjana sains

Oleh :

Yola Lyliana Herlandien

NIM 081810301027

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2013

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT sebagai pencipta alam semesta dan tempat sembah aku berlindung dan Nabi Muhammad sebagai insan Nur ilahi;
2. papa dan mamaku tercinta yang tak pernah lelah untuk selalu memberikan yang terbaik, serta dukungan dan doa yang tiada henti;
3. guru – guruku yang selalu membimbing sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. Almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.¹

Biasakanlah untuk berpikir bahwa sukses hanya tinggal selangkah lagi dan pasti akan diraih, niscaya masa depan yang cerah akan di depan Anda.²

Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah.³

¹ Al-Qur'an, Surat Ar Ra'ad:11

² Andrew Carnigie

³ Thomas Alva Edison

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yola Lyliana Herlandien

NIM : 081810301027

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Absorban Logam Berat dalam Air Lindi Di TPA Pakusari Jember” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik apabila jika dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 27 Mei 2013
Yang Menyatakan



Yola Lyliana Herlandien
NIM 081810301027

SKRIPSI

**PEMANFAATAN ARANG AKTIF SEBAGAI ABSORBAN LOGAM BERAT
DALAM AIR LINDI DI TPA PAKUSARI JEMBER**

Oleh

Yola Lyliana Herlandien

NIM 081810301027

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Tanti Haryati, S.Si, M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Mukh. Mintadi

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Absorban Logam Berat dalam Air Lindi Di TPA Pakusari Jember” telah diuji pada:

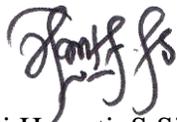
hari,tanggal : SELASA 04 JUN 2013

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota



Tanti Haryati, S.Si, M.Si
NIP 19801029 200501 2 002



Drs. Mukh. Mintadi
NIP 19641026 199103 1 001

Penguji I,

Penguji II,



Tri Mulyono, S.Si, M.Si
NIP 19681020 199802 1 002



Yeni Maulidah Muflihah, S.Si, M.Si
NIP 19800830 200604 2 002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember



Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D
NIP 19610108 198602 1 001

RINGKASAN

Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Absorban Logam Berat Dalam Air Lindi Di TPA Pakusari Jember; Yola Lyliana Herlandien, 081810301027; 2013; 49 halaman, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Salah satu cara sederhana untuk mengurangi konsentrasi kandungan logam berat dalam limbah sampah (air lindi) yaitu dengan menggunakan arang aktif. Arang aktif mempunyai kemampuan daya serap yang bagus. Arang aktif dibuat dengan menggunakan bahan alam seperti sekam padi dan tempurung kelapa. Proses pembuatan arang aktif dengan karbonasi (pengarangan) dan aktivasi. Pengarangan dilakukan tanpa adanya oksigen dan bahan kimia lainnya. Dalam proses pengarangan terjadi pembentukan pori-pori sedangkan aktivasi dilakukan dengan penambahan bahan pengaktif NaCl yang berfungsi memperbesar pori-pori arang aktif sehingga dapat menyerap logam dengan maksimal. Menurut Standar Industri Indonesia (SII) arang aktif yang dapat digunakan mempunyai kadar air maksimal 15% dan kadar abu maksimal 10%. Tujuan penelitian untuk (1) mengetahui kualitas arang aktif yang digunakan sebagai absorban (2) mengetahui pengaruh yang signifikan terhadap variasi waktu perendaman arang aktif dengan sampel (3) mengetahui efektifitas masing-masing arang aktif dalam menyerap logam berat Fe, Pb, Cd, dan Cu dalam air lindi.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bahan alam seperti sekam padi dan tempurung kelapa selanjutnya bahan-bahan tersebut dilakukan proses pengarangan (karbonisasi) dan aktivasi kemudian dihasilkan arang aktif. Selain itu juga menggunakan arang aktif komersil. Kemudian arang aktif tersebut diukur kadar air dan kadar abunya. Kadar air diukur dengan menghitung selisih berat arang aktif sebelum dipanaskan dengan selama 2 jam dan sesudahnya. Kadar abu diukur dengan menghitung selisih berat arang aktif sebelum diabukan dengan suhu 700 °C selama 2 jam dengan

sesudahnya. Untuk menurunkan suhu 110 °C konsentrasi logam berat dalam air lindi dilakukan dengan cara perendaman (batch) dengan arang aktif sekam padi, arang aktif tempurung kelapa dan arang aktif komersil kemudian diukur konsentrasi logam berat dengan menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kualitas arang aktif sebagai absorben dipengaruhi oleh kadar air dan kadar abu dari arang aktif tersebut. Kadar air dan kadar abu arang aktif sekam padi sebesar 9,43% dan 7,36%; arang aktif tempurung kelapa sebesar 7,31% dan 6,45%; sedangkan arang aktif komersil sebesar 5,77% dan 4,61%. 2.

Semakin lama waktu perendaman sampel dengan arang aktif maka semakin banyak logam yang terserap sampai dalam kondisi jenuh. Pada penyerapan logam Cu arang aktif sekam padi, arang aktif tempurung kelapa dan arang aktif komersil mengalami jenuh pada waktu 120 menit. Penyerapan logam Pb arang aktif sekam padi jenuh pada waktu 120 menit, arang aktif tempurung kelapan pada waktu 90 menit dan arang aktif komersil pada waktu 120 menit. Penyerapan logam Fe arang aktif sekam padi, arang aktif tempurung kelapa dan arang aktif komersil mengalami jenuh pada waktu 120 menit. Penyerapan logam Cd arang aktif sekam padi jenuh pada waktu 120 menit, arang aktif tempurung kelapan pada waktu 120 menit dan arang aktif komersil pada waktu 90 menit.

Arang aktif sekam padi mempunyai efektifitas 46,7% untuk logam Cu, 56,4% untuk logam Pb, 53,5% untuk logam Fe dan 57,8% untuk logam Cd. Arang aktif tempurung kelapa mempunyai efektifitas 37,5% untuk logam Cu, 56,3% untuk logam Pb, 61,1% untuk logam Fe dan 72,5% untuk logam Cd. Arang aktif komersil mempunyai efektifitas 55,9% untuk logam Cu, 70,4% untuk logam Pb, 68,7% untuk logam Fe dan 72,5% untuk logam Cd.

PRAKATA

Penulis memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Absorban Logam Berat dalam Air Lindi Di TPA Pakusari Jember”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Kepala Laboratorium Kimia Analitik dan Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
4. Ibu Tanti Haryati, S.Si, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Drs. Mukh. Mintadi, selaku Dosen Pembimbing Anggota, Bapak Tri Mulyono, S.Si, M.Si, selaku Dosen Penguji I, dan Ibu Yeni Maulidah Muflihah, S.Si, M.Si, selaku Dosen Penguji II;
5. mama dan papa yang sudah mencurahkan kasih sayang, doa, semangat dari kecil sampai hingga tiada henti;
6. Teknisi Jurusan Kimia FMIPA (mas Maryono, mas Darma, mas Syamsul, dan mbak Sari) terimakasih atas pelayanannya selama di Laboratorium;
7. Angga Rudianto yang sudah tulus memberi kesabaran, bantuan, doa, semangat, dan motivasi selama dibangku perkuliahan sampai terselesainya skripsi ini;

8. Nisa Tiara Dani Fitri dan Nanda Widayanti terimakasih menjadi sahabat dan memberi semangat selama menempuh dibangku kuliah dan semoga persahabatannya sampai selamanya;
9. Agustin, Heny, Ardian, Mbak Lisa, Widya, Ucik terima kasih atas bantuannya sampai selesainya skripsi ini;
10. teman-teman Kimia FMIPA 2008 tanpa terkecuali yang telah banyak memberikan motivasi sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik;
11. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 27 Mei 2013

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|-------------------------------------|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | ii |
| HALAMAN MOTTO | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iv |
| HALAMAN PEMBIMBING | v |
| HALAMAN PENGESAHAN | vi |
| RINGKASAN | vii |
| PRAKATA | ix |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvii |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3. Tujuan..... | 3 |
| 1.4. Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.5. Manfaat..... | 4 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1. Arang Aktif..... | 5 |
| 2.2. Sorpsi (Daya Serap)..... | 6 |
| 2.3. Logam Berat | 8 |
| 2.3.1. Timbal..... | 8 |
| 2.3.2. Kadmium | 9 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 2.3.3. | Tembaga | 11 |
| 2.3.4. | Besi | 12 |
| 2.4. | Spektroskopi Serapan Atom (SSA)..... | 13 |
| 2.5. | Instrumen Spektroskopi Serapan Atom (SSA)..... | 15 |
| 2.6. | Sampah | 18 |
| BAB 3 | METODOLOGI PENELITIAN..... | 20 |
| 3.1. | Waktu dan Tempat Penelitian | 20 |
| 3.2. | Alat dan Bahan | 20 |
| 3.2.1. | Alat | 20 |
| 3.2.2. | Bahan | 20 |
| 3.3. | Diagram Alir Penelitian..... | 21 |
| 3.4. | Pengambilan Sampel (Sampling) | 21 |
| 3.4.1. | Daerah Sampling | 21 |
| 3.4.2. | Cara Pengambilan Sampel..... | 21 |
| 3.5. | Preparasi | 21 |
| 3.5.1. | Pembuatan Larutan Standar Timbal (Pb) | 21 |
| 3.5.2. | Pembuatan Larutan Standar Tembaga (Cu)..... | 22 |
| 3.5.3. | Pembuatan Larutan Standar Besi (Fe)..... | 22 |
| 3.5.4. | Pembuatan Larutan Standar Kadmium (Cd) | 22 |
| 3.5.5. | Larutan Sampel..... | 22 |
| 3.6. | Pengukuran Konsentrasi Larutan | 23 |
| 3.7. | Pembuatan Arang Aktif..... | 23 |
| 3.7.1. | Preparasi Sampel | 23 |
| 3.7.2. | Karbonasi..... | 24 |
| 3.7.3. | Tahap Aktivasi..... | 24 |
| 3.7.4. | Penentuan Kadar Air Arang Aktif..... | 24 |
| 3.7.5. | Penentuan Kadar Abu Arang Aktif | 24 |
| 3.8. | Sistem Batch..... | 24 |

| | |
|---|----|
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN | 26 |
| 4.1. Pembuatan Arang Aktif..... | 26 |
| 4.1.1. Proses Pengarangan Sekam Padi dan Tempurung Kelapa..... | 26 |
| 4.1.2. Proses Aktivasi Arang dari Sekam Padi dan Tempurung Kelapa | 27 |
| 4.2. Hasil Pengujian Kualitas Arang Aktif dari Sekam Padi, Tempurung Kelapa, dan Komersil | 27 |
| 4.2.1. Kadar Air | 28 |
| 4.2.2. Kadar Abu | 29 |
| 4.3. Kurva Kalibrasi Cu, Pb, Fe dan Cd..... | 30 |
| 4.3.1. Kurva Kalibrasi Tembaga (Cu), Timbal (Pb), dan Besi (Fe) | 30 |
| 4.3.2. Kurva Kalibrasi Kadmium (Cd) | 33 |
| 4.4. Hasil Pengujian Pengaruh Perendaman..... | 34 |
| 4.4.1. Hasil Pengujian Pengaruh Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Cu..... | 35 |
| 4.4.2. Hasil Pengujian Pengaruh Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Pb | 37 |
| 4.4.3. Hasil Pengujian Pengaruh Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Fe | 39 |
| 4.4.4. Hasil Pengujian Pengaruh Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Cd..... | 41 |
| 4.4.5. Ringkasan Hasil Pengujian Pengaruh Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Cu, Pb, Fe, dan Cd... | 43 |
| 4.5. Efektivitas Arang Aktif Terhadap Penyerapan Logam Pada Air Lindi | 44 |
| 4.5.1. Efektivitas Arang Aktif Terhadap Penyerapann | |

| | |
|---|----|
| Logam Cu | 44 |
| 4.5.2. Efektivitas Arang Aktif Terhadap Penyerapann | |
| Logam Pb..... | 45 |
| 4.5.3. Efektivitas Arang Aktif Terhadap Penyerapann | |
| Logam Fe..... | 46 |
| 4.5.4. Efektivitas Arang Aktif Terhadap Penyerapann | |
| Logam Cd | 47 |
| 4.5.5. Ringkasan Efektivitas Arang Aktif Terhadap | |
| Penyerapan Logam Cu, Pb, Fe, dan Cd..... | 48 |
| BAB 5 PENUTUP | 50 |
| 5.1. Kesimpulan..... | 50 |
| 5.2. Saran..... | 51 |
| DAFTAR PUSTAKA | 52 |
| LAMPIRAN | 55 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| 4.1. Hasil penentuan kadar air arang aktif sekam padi, tempurung, dan komersil | 28 |
| 4.2. Hasil penentuan kadar abu arang aktif dari sekam padi, tempurung, dan komersil | 29 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| 2.1. Struktur Arang Aktif..... | 5 |
| 2.2. Pori – Pori Arang Aktif | 7 |
| 4.1. Kurva Kalibrasi Cu | 31 |
| 4.2. Kurva Kalibrasi Pb | 32 |
| 4.3. Kurva Kalibrasi Fe | 33 |
| 4.4. Kurva Kalibrasi Cd..... | 34 |
| 4.5. Grafik Hasil Penurunan Konsentrasi Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Cu | 37 |
| 4.6. Grafik Hasil Penurunan Konsentrasi Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Pb..... | 39 |
| 4.7. Grafik Hasil Penurunan Konsentrasi Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Fe..... | 41 |
| 4.8. Grafik Hasil Penurunan Konsentrasi Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Cd | 43 |
| 4.9. Grafik Efektivitas Arang Aktif Terhadap Penyerapan Logam Cu .. | 45 |
| 4.10. Grafik Efektivitas Arang Aktif Terhadap Penyerapan Logam Pb... | 46 |
| 4.11. Grafik Efektivitas Arang Aktif Terhadap Penyerapan Logam Fe... | 47 |
| 4.12. Grafik Efektivitas Arang Aktif Terhadap Penyerapan Logam Cd .. | 48 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| 1. Perhitungan Kadar Air dan Kadar Abu dari Arang Aktif..... | 55 |
| 2. Perhitungan Konsentrasi Logam Setelah Perendaman..... | 60 |
| 3. Perhitungan Efektivitas Arang Aktif | 76 |

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sampah (*refuse*) adalah sebagian dari sesuatu yang tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang harus dibuang, umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia (termasuk kegiatan industri), tetapi bukan biologis (karena human waste tidak termasuk di dalamnya) dan umumnya bersifat padat (Azwar, 1990). Sumber sampah bisa bermacam-macam, diantaranya adalah dari rumah tangga, pasar, warung, kantor, bangunan umum, industri, dan jalan. Perkembangan dan pertumbuhan penduduk yang pesat di daerah perkotaan mengakibatkan daerah pemukiman semakin luas dan padat.

Secara terbatas yang disebut sampah hanya merupakan tumpukan bekas dan sisa tanaman (daun-daun gugur, sisa sayuran, sisa pertanian) ataupun sisa dan kotoran hewan, serta benda-benda lain yang setiap saat dibuang. Tetapi secara luas, segala benda yang akhirnya dibuang disebut sampah dan dikumpulkan pada suatu tempat penampungan yang sering disebut TPA (Tempat Pembuangan Akhir) atau *Dump Station* (Suriawiria, 2003).

Pencemaran sumber air oleh sampah terjadi karena sampah yang dibuang dengan cara *open dumping* dan tertimbun di TPA mengalami dekomposisi yang bersama air hujan menghasilkan cairan lindi (*leachate*). Lindi adalah bahan pencemar yang berpotensi mengganggu lingkungan dan kesehatan manusia. Air lindi dapat merembes ke dalam tanah, ataupun mengalir dipermukaan tanah dan bermuara pada aliran air sungai. Air lindi selalu menyertai pembuangan akhir sampah padat. Air lindi yang mengandung senyawa-senyawa organik dan anorganik dengan konsentrasi

5000 kali lebih tinggi dari pada air tanah, masuk dan mencemari air tanah atau air sungai (Maramis, 2008). Bahan anorganik pencemar lingkungan yang telah banyak diteliti pengaruhnya terhadap makhluk hidup ialah unsur logam dan senyawanya. Beberapa jenis logam berat seperti Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), Timbal (Pb), Arsen (As) dan beberapa lainnya merupakan logam yang beracun terhadap makhluk hidup. Bahan kimia anorganik tersebut dapat menyebabkan keracunan akut maupun kronis, bergantung pada jenis logamnya, jumlahnya, spesies hewan, kondisi hewan, dan umurnya (Darmono, 2001).

Konsentrasi logam berat dalam kandungan air lindi di TPA Pakusari dapat diturunkan konsentrasinya dengan menggunakan arang aktif. Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon. Dalam pembuatan arang aktif terdiri dari dua tahap utama yaitu proses karbonasi bahan baku dan proses aktivasi. Karbonasi bahan baku merupakan proses pengarangan dalam ruangan tanpa adanya oksigen dan bahan kimia lainnya dalam proses pengarangan terjadi pembentukan pori-pori sedangkan aktivasi arang aktif berfungsi untuk memperbesar pori-pori dari arang aktif sehingga dapat menyerap logam berat dengan maksimal. Aktivasi yang dilakukan meliputi penambahan larutan bahan-bahan pengaktif seperti lain H_3PO_4 , $ZnCl_2$, NH_4Cl , $AlCl_3$, HNO_3 , KOH , $NaOH$, H_3BO_3 , $KMnO_4$, H_2SO_4 , dan K_2S , dan $NaCl$ (Sembiring, 2003). Selain itu arang aktif yang dipakai mempunyai kadar air maksimal 15% dan kadar abu maksimal 10% untuk mempunyai daya serap yang maksimal.

Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian untuk menurunkan konsentrasi air lindi di TPA Pakusari Kabupaten Jember dengan menggunakan arang aktif agar tidak mencemari lingkungan yang berada di sekitar lokasi TPA. Sehingga ramah lingkungan dan lebih menjaga kelestarian alam. Dalam penelitian ini menggunakan arang aktif yang dibuat sendiri yang berasal dari bahan sekam dan tempurung kelapa agar dapat memanfaatkan bahan-bahan yang ada di alam.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kualitas arang aktif yang akan digunakan sebagai adsorban?
2. Apakah ada pengaruh yang signifikan terhadap variasi waktu perendaman arang aktif dengan sampel?
3. Bagaimana efektifitas masing-masing arang aktif dalam menyerap logam berat Fe, Pb, Cd, Cu dalam air lindi?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kualitas arang aktif yang digunakan sebagai adsorban
2. Mengetahui pengaruh yang signifikan terhadap variasi waktu perendaman arang aktif dengan sampel
3. Mengetahui efektifitas masing-masing arang aktif dalam menyerap logam berat Fe, Pb, Cd, dan Cu dalam air lindi?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi :

1. Waktu perendaman arang dengan sampel yang digunakan 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit
2. Metode untuk mengetahui kadar logam berat Fe, Pb, Cd, dan Cu menggunakan metode Spektroskopi Serapan Atom
3. Arang aktif yang digunakan adalah arang aktif komersil, tempurung kelapa, dan sekam padi
4. Metode penambahan arang aktif yang digunakan sistim perendaman (*batch*)

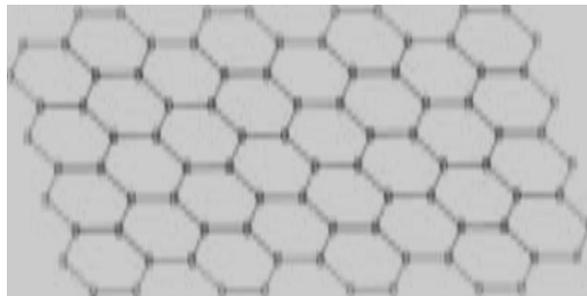
1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan metode alternatif dalam mengurangi logam Fe, Pb, Cd, dan Cu dalam kandungan air lindi di TPA Pakusari Kabupaten Jember dengan memanfaatkan arang aktif yang dibuat dari bahan alam yang tidak dimanfaatkan lagi yang terdapat di lingkungan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arang Aktif

Struktur arang aktif adalah arang halus yang berwarna hitam, tidak berbau, tidak mempunyai rasa. Arang aktif berbentuk amorf, yang terdiri dari unsur karbon. Karbon ini terdiri dari pelat-pelat dasar yang atom karbonnya terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal mirip dengan grafit. Pelat-pelat ini terkumpul satu sama lain membentuk kristal-kristal dengan susunan tidak beraturan dan jarak antar pelatnya acak.



Gambar 2.1 Struktur Arang Aktif

Arang aktif dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai daya serap yang bagus. Arang aktif dapat dibuat melalui dua tahap, yaitu tahap karbonasi dan aktivasi (Sembiring, 2003). Bahan baku yang dapat dibuat menjadi karbon aktif adalah semua bahan yang mengandung karbon, baik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, binatang ataupun barang tambang. Bahan-bahan

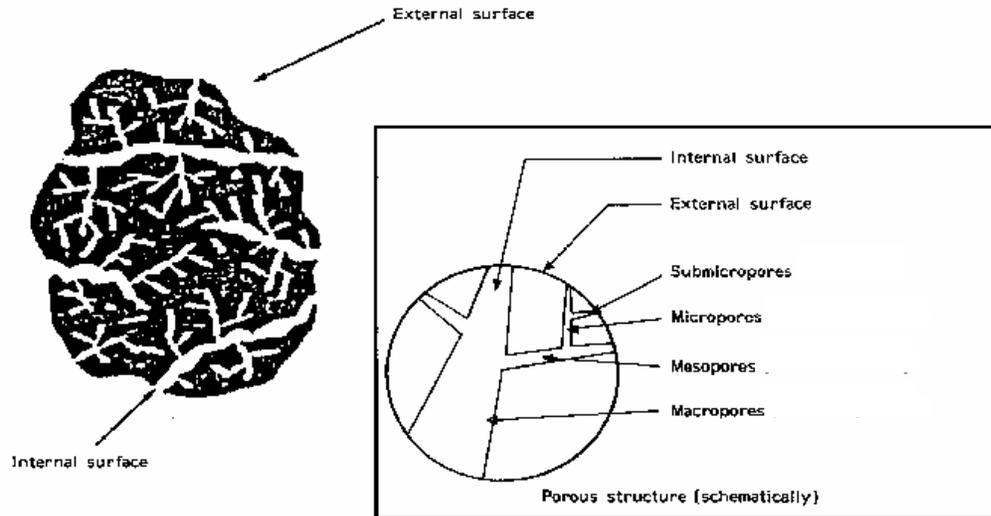
tersebut adalah berbagai jenis kayu, sekam padi, tulang binatang, batu-bara, tempurung kelapa, kulit biji kopi.

Karbonasi merupakan proses pengarangan dalam ruangan tanpa adanya oksigen dan bahan kimia lainnya, pada proses ini pembentukan struktur pori dimulai, sedangkan aktivasi dilakukan dengan perendaman arang dalam, arang direndam dalam larutan pengaktif bahan pengaktif masuk di antara sela-sela lapisan heksagonal karbon aktif dan selanjutnya membuka permukaan yang tertutup dan memperbesar pori. Bahan-bahan kimia yang dapat digunakan antara lain H_3PO_4 , $ZnCl_2$, NH_4Cl , $AlCl_3$, HNO_3 , KOH , $NaOH$, H_3BO_3 , $KMnO_4$, H_2SO_4 , dan K_2S , $NaCl$. Aktivasi dibagi menjadi dua yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Aktivasi fisika dapat didefinisikan sebagai proses memperluas pori dari arang aktif dengan bantuan panas, uap dan gas CO_2 . Sedangkan aktivasi kimia merupakan aktivasi dengan pemakaian bahan kimia yang dinamakan aktivator (Triyana dan Tuti, 2003) (Sembiring, 2003).

Kualitas arang aktif yang baik menurut Standar Industri Indonesia (SII No 0258-79) yaitu kadar air maksimum 15% dan kadar abu maksimum 10%. Kadar abu yang rendah akan mempunyai daya serap yang lebih bagus.

2.2 Sorpsi (Daya Serap)

Sorpsi adalah proses penyerapan ion oleh partikel penyerap. Proses sorpsi dibedakan menjadi dua yaitu adsorpsi dan absorpsi. Dinamakan proses adsorpsi jika ion atau senyawa yang diserap tertahan pada permukaan partikel penyerap dan proses pengikatan berlangsung sampai di dalam partikel penyerap disebut sebagai proses absorpsi (Afiatun, 2004). Daya serap yang terjadi dalam arang aktif terdapat tiga tahap yaitu: zat terjerap pada arang aktif bagian luar, kemudian menuju pori-pori arang, dan terjerap pada dinding bagian dalam arang aktif. Menurut IUPAC, karbon aktif diklasifikasikan berdasarkan ukuran porinya menjadi mikropori (diameter <2 nm), mesopori (diameter 2–50 nm), dan makropori (diameter >50 nm) (Baker 1997).



Gambar 2.2 Pori pori arang aktif

Adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. Adsorpsi fisik

Adsorpsi fisik merupakan suatu proses bolak-balik apabila daya tarik menarik antara zat terlarut dan adsorben lebih besar daya tarik menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya maka zat yang terlarut akan diadsorpsi pada permukaan adsorben (Oscik, 1991).

2. Adsorpsi kimia

Adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen), gaya pengikatannya merupakan interaksi kimiawi artinya adanya transfer elektron antara adsorbat dengan adsorben.

2.3 Logam Berat

Logam berat merupakan komponen alami tanah. Elemen ini tidak dapat didegradasi maupun dihancurkan. Disebut logam berat berbahaya karena umumnya memiliki rapat massa tinggi (5 g/cm^3) dan sejumlah konsentrasi kecil dapat bersifat racun dan berbahaya (Subowo *dkk*, 1999). Logam-logam berat diketahui dapat mengumpul didalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam tubuh untuk jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi (Saeni, 1997).

Menurut Vouk (1986) terdapat 80 jenis dari 109 unsur kimia di muka bumi ini yang telah teridentifikasi sebagai jenis logam berat. Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Sedangkan jenis kedua adalah logam berat tidak esensial atau beracun, dimana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya dan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain.

2.3.1 Timbal

Timbal/ (Pb) pada perairan ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Kelarutan timbal cukup rendah sehingga kadar timbal di dalam air relatif sedikit. Kadar dan toksisitas timbal dipengaruhi oleh kesadahan, pH, alkalinitas, dan kadar oksigen. Kadar timbal dalam kerak bumi sekitar 15 mg/kg. Sumber alami utama timbal adalah *galena* (PbS), *gelesite* (PbSO₄) dan *cerrusite* (PbCO₃) (Effendi, 2003).



Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/timbal>

2.3.1.1 Toksisitas Pb dalam Makhluk Hidup

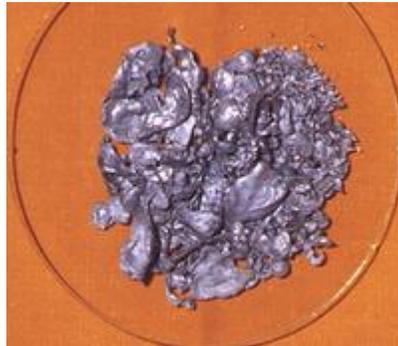
Pengaruh toksisitas akut timbal jarang ditemui, tetapi pengaruh toksisitas kronik paling sering ditemukan. Pengaruh toksisitas kronis sering dijumpai pada pekerja tambang dan pabrik pemurnian logam, pabrik mobil (proses pengecatan), penyimpanan baterai, percetakan, pelapisan logam dan pengecatan sistem semprot (Darmono, 2001). Dampak keracunan timbal dapat mengakibatkan terhambatnya pembentukan hemoglobin, gangguan ginjal, otak, hati, sistem reproduksi, dan sistem saraf sentral (Fardiaz, 2006).

2.3.1.2 Sifat Fisik dan Kimia Timbal (Pb)

| | |
|--------------------------|--|
| Lambang | : Pb |
| No, Atom | : 82 |
| Golongan, Periode | : 14, 6 |
| Penampilan | : Putih kebiru-biruan |
| Massa Atom | : 207,2(1) g/mol |
| Konfigurasi Elektron | : [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ² |
| Fase | : padat |
| Massa Jenis (Suhu Kamar) | : 11,34 g/cm ³ |
| Titik Lebur | : 600,61 K (327,46 °C, 621,43 °F) |
| Titik Didih | : 2022 K (1749 °C, 3180 °F) |
| Kapasitas Kalor | : (25 °C) 26.650 J/(mol·K) |

2.3.2 Kadmium

Logam Kadmium (Cd) dan bermacam-macam bentuk persenyawaannya dapat masuk ke lingkungan, terutama sekali merupakan efek samping dari aktivitas yang dilakukan manusia. Boleh dikatakan bahwa semua bidang industri yang melibatkan Cd dalam proses operasionalnya menjadi sumber pencemaran Cd (Darmono, 2001).



Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/kadmium>

2.3.2.1 Toksisitas Cd dalam Makhluk Hidup

Keracunan kadmium akut biasanya terjadi karena menghirup debu dan asap yang mengandung kadmium dan garam kadmium yang termakan akan menimbulkan mual, muntah, diare dan kejang perut. Keracunan kronis terjadi bila inhalasi kadmium dosis kecil dalam waktu lama dan gejala juga berjalan kronis. Kadmium menyebabkan nefrotoksisitas (toksik ginjal), yaitu gejala proteinurea, glikosuria, dan aminoasiduria disertai dengan penurunan laju filtrasi glomerulus ginjal. Kasus keracunan kadmium kronis juga menyebabkan gangguan kardiovaskuler dan hipertensi. Hal tersebut terjadi karena tingginya afinitas jaringan ginjal terhadap kadmium. Selain itu juga dapat menyebabkan terjadinya osteomalase karena terjadi interferensi daya keseimbangan kandungan kalsium dan fosfat dalam ginjal (Darmono, 2001).

2.3.2.2 Sifat Fisik dan Kimia Kadmium (Cd)

| | |
|----------------------|--|
| Lambang | : Cd |
| No. Atom | : 48 |
| Golongan, Periode | : 2B, 5 |
| Penampilan | : Putih Perak |
| Massa Atom | : 112,41g/mol |
| Konfigurasi Elektron | : [Kr]4d ¹⁰ 5s ² |

| | |
|--------------------------|--|
| Fase | : padat |
| Massa Jenis (Suhu Kamar) | : $8,65 \text{ g/cm}^3$ |
| Titik Lebur | : $594,18 \text{ K}$ |
| Titik Didih | : 1038 K |
| Kapasitas Kalor | : $0,232 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ |

2.3.3 Tembaga

Logam Cu merupakan salah satu bentuk logam berat esensial untuk kebutuhan makhluk hidup sebagai elemen mikro. Logam ini dibutuhkan sebagai unsur yang berperan dalam pembentukan enzim oksidatif dan pembentukan kompleks Cu-protein yang dibutuhkan untuk pembentukan hemoglobin, kolagen, pembuluh darah (Darmono, 1995).



Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/tembaga>

2.3.3.1 Toksisitas Cu dalam Makhluk Hidup

Toksisitas logam tembaga yang terjadi pada manusia khususnya terjadi pada anak-anak yang biasanya terjadi karena adanya tembaga sulfat, beberapa gejala keracunan tembaga adalah sakit perut, mual, muntah, diare dan beberapa kasus yang parah yang dapat menyebabkan gagal ginjal dan kematian (Darmono, 2001).

2.3.3.2 Sifat Fisik dan Kimia Tembaga (Cu)

| | |
|--------------------------|---|
| Lambang | : Cu |
| No. Atom | : 29 |
| Golongan, Periode | : 14, 4 |
| Penampilan | : Kemerah-merahan |
| Massa Atom | : 63,546 g/mol |
| Konfigurasi Elektron | : [Ar] 3d ¹⁰ 4s ¹ |
| Fase | : padat |
| Massa Jenis (Suhu Kamar) | : 8.94 g/cm ³ |
| Titik Lebur | : 1357,77 K, 1084,62 °C, 1984,32 °F |
| Titik Didih | : 2835 K, 2562 °C, 4643 °F |
| Kapasitas Kalor | : 24.440 J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹ |

2.3.4 Besi

Besi adalah logam yang berasal dari bijih besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari dari yang bermanfaat sampai dengan yang merusakkan, besi juga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi.



Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/besi>

2.3.4.1 Toksisitas Besi dalam Makhluk Hidup

Kelebihan besi dalam jumlah besar pada manusia bersifat toksik. Kerusakan jaringan karena akumulasi besi disebut hemakromatosis, penderita hemakromatosis menunjukkan akumulasi besi di hati, limpa, jantung. Penderita ini beresiko terserang serosis, kanker hati, jantung dan berbagai penyakit lainnya. Konsumsi besi dalam

dosis besar akan merusak alat pencernaan secara langsung, lalu besi akan mengikuti peredaran darah. Kerusakan hati yang terlalu lama akan menyebabkan kematian (Widowati *et al.*2008).

2.3.4.2 Logam Berat Sifat Fisik dan Kimia Besi (Fe)

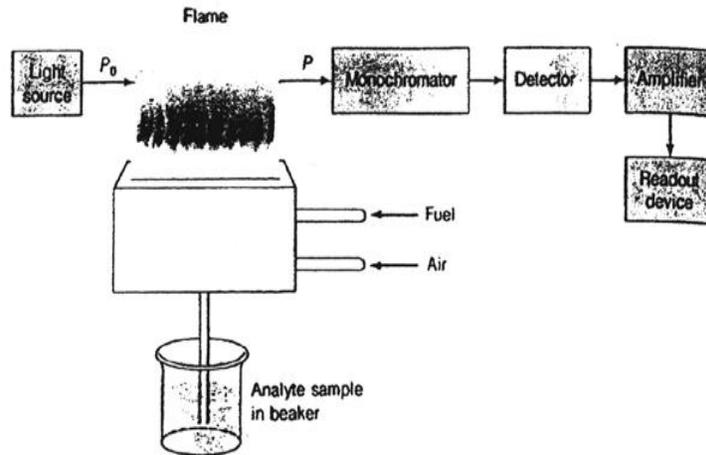
| | |
|--------------------------|--|
| Lambang | : Fe |
| No. Atom | : 26 |
| Golongan, Periode | : 8, 4 |
| Penampilan | : Metalik Mengkilap Keabu-abuan |
| Massa Atom | : 55,845(2) g/mol |
| Konfigurasi Elektron | : [Ar] 3d ⁶ 4s ² |
| Fase | : padat |
| Massa Jenis (Suhu Kamar) | : 7,86 g/cm ³ |
| Titik Lebur | : 1811 K(1538 °C, 2800 °F) |
| Titik Didih | : 3134 K(2861 °C, 5182 °F) |
| Kapasitas Kalor | : (25 °C) 25,10 J/(mol·K) |

2.4 Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Prinsip dasar Spektroskopi serapan atom adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan atom. Spektroskopi serapan atom merupakan metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah (Khopkar,1990). Teknik ini adalah teknik yang paling umum dipakai untuk analisis unsur. Cara kerja Spektroskopi Serapan Atom ini adalah berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Darmono, 1995).

Radiasi elektromagnetik dikenakan kepada suatu atom, maka akan terjadi eksitasi elektron dari tingkat dasar ke tingkat tereksitasi. Setiap panjang gelombang memiliki energi yang spesifik untuk dapat tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi. Larutan sampel disemprotkan ke suatu nyala dalam bentuk aerosol dan unsur-unsur di dalam sampel diubah menjadi uap atom sehingga nyala mengandung atom unsur-unsur yang dianalisis. Beberapa diantara atom akan tereksitasi secara termal oleh nyala, tetapi kebanyakan atom tetap tinggal sebagai atom netral dalam keadaan dasar (*ground state*). Atom-atom *ground state* ini kemudian menyerap radiasi yang diberikan oleh sumber radiasi yang terbuat oleh unsur-unsur yang bersangkutan. Panjang gelombang yang dihasilkan oleh sumber radiasi adalah sama dengan panjang gelombang yang diabsorpsi oleh atom dalam nyala (Khopkar, 1990).

2.5 Instrumen Spektroskopi Serapan Atom (SSA)



Komponen-komponen Spektroskopi Serapan Atom (SSA):

1. Sumber Sinar

Suatu sumber radiasi yang digunakan harus memancarkan spektrum atom dari unsur yang ditentukan. Spektrum atom yang dipancarkan harus terdiri dari garis tajam yang mempunyai setengah lebar yang sama dengan garis serapan yang dibutuhkan oleh atom – atom. Sumber sinar yang lazim dipakai adalah lampu katoda berongga (*hallow chatoda lamp*). Lampu katoda berongga yang digunakan mempunyai sebuah katoda pemancar yang terbuat dari unsur yang sama. (Basset *et al*, 1994).

2. Nyala

Nyala yang digunakan untuk mengubah sampel yang berupa padatan atau cairan menjadi bentuk uap atomnya dan juga berfungsi untuk atomisasi. Untuk spektroskopi nyala suatu persyaratan yang penting adalah bahwa nyala yang dipakai hendaknya menghasilkan temperatur lebih dari 2000°K . Konsentrasi atom – atom dalam bentuk gas dalam nyala baik dalam keadaan dasar maupun keadaan tereksitasi, dipengaruhi oleh komposisi nyala.

Komposisi nyala asetilena sangat baik digunakan lebih dari 30 unsur sedangkan komposisi nyala propana baik digunakan untuk logam yang mudah diubah menjadi uap atomik (Basset *et al*, 1994).

3. Sistem Pembakar – Pengabut (*nebulizer*)

Tujuan sistem pembakar - pengabut adalah untuk mengubah larutan uji menjadi atom – atom dalam bentuk gas. Fungsi pengabut adalah menghasilkan kabut atau aerosol larutan uji. Larutan yang akan dikabutkan ditarik ke dalam pipa kapiler oleh aksi semprotan udara yang ditiupkan melalui ujung kapiler, diperlukan aliran gas bertekanan tinggi untuk menghasilkan aerosol yang halus (Basset *et al*, 1994).

4. Monokromator

Dalam spektroskopi serapan atom fungsi monokromator adalah untuk memisahkan garis resonansi dari semua garis yang tak diserap yang dipancarkan oleh sumber radiasi. Dalam kebanyakan instrument komersial yang digunakan adalah kisi difraksi karena sebaran yang dilakukan oleh kisi seragam daripada yang dilakukan oleh prisma, dan akibatnya instrumen kisi dapat memelihara daya pisah yang lebih tinggi sepanjang jangka panjang gelombang yang lebih besar (Basset *et al*, 1994).

5. Detektor

Detektor pada Spektroskopi absorpsi serapan atom berfungsi mengubah intensitas radiasi yang datang menjadi arus listrik. Pada Spektroskopi serapan atom yang umum dipakai sebagai detektor adalah tabung penggandaan foton (PMT = Photo Multiplier Tube Detector)(Mulja, 1997).

6. Sistem Pengolah

Sistem pengolah berfungsi untuk mengolah kuat arus dari detektor menjadi besaran daya serap atom transmisi yang selanjutnya diubah menjadi data dalam sistem pembacaan

7. *Read Out*

Read Out merupakan sistem pencatatan hasil. Hasil pembacaan dapat berupa angka atau berupa kurva dari suatu *recorder* yang menggambarkan absorbansi atau intensitas emisi (Braun, R.D, 1982).

Prinsip pengukuran dengan metode SSA hampir sama dengan Spektroskopi UV-Vis, yang penting adalah jumlah sinar yang diserap tergantung pada konsentrasi larutan sehingga berlaku hukum Lambert-Beer dan dituliskan dengan rumus sebagai berikut :

$$\log \frac{I_t}{I_0} = \varepsilon \cdot b \cdot C$$

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot C$$

dengan :

C = konsentrasi atom (mol/L)

I_t = intensitas cahaya setelah mengalami adsorpsi

I_0 = intensitas cahaya sebelum diadsorpsi

A = absorbansi

ε = koefisien adsorpsi molar (L/mol.cm)

b = tebal lapisan yang mengabsorpsi (cm).

Dalam analisis unsur logam tertentu selalu digunakan sumber sinar dengan panjang gelombang tertentu. Kenyataannya nilai absorbtivitas dan panjang jalan selalu konstan, sehingga nilai a dan b pada persamaan (2) adalah tetap. Dengan demikian maka persamaan (2) dapat diubah menjadi persamaan (3) sebagai berikut:

$$A = k \cdot C \dots \dots \dots (3)$$

Dimana k suatu tetapan. Dengan mengukur absorban dari larutan sampel yang selanjutnya diplot ke dalam kurva antara konsentrasi dengan absorban dapat ditentukan konsentrasi logam dalam larutan sampel.

Pengukuran kadar logam suatu sampel dapat dilakukan dengan perhitungan kurva kalibrasi atau kurva standart. Kurva standar dibuat dari larutan standar dengan konsentrasi yang sudah diketahui dan diukur serapannya pada kondisi yang sama. Dari serapan larutan standar diperoleh persamaan garis regresi dengan rumus:

$$Y = bX + a$$

Hubungan antara serapan dengan konsentrasi larutan standar merupakan garis lurus. Konsentrasi larutan sampel dapat ditentukan dengan memasukkan harga serapan sampel pada persamaan regresi (Khopkar, 1990).

2.6 Sampah

Sampah bisa didefinisikan sesuatu bahan atau benda padat yang sudah tidak dipakai lagi oleh manusia, atau benda padat yang sudah digunakan lagi dalam suatu kegiatan manusia dan dibuang. Para ahli kesehatan masyarakat membuat batasan, sampah adalah (*waste*) adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang, yang berasal dari kegiatan dan tidak terjadi dengan sendirinya, sampah dalam ilmu kesehatan lingkungan sebenarnya hanya sebagian dari benda atau hal-hal yang dipandang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi, atau harus dibuang, sedemikian rupa sehingga tidak sampai mengganggu kelangsungan hidup (Notoatmodjo, 2000). Pengelolaan sampah agar tidak menimbulkan dampak terhadap lingkungan dan kesehatan, maka sampah harus dikelola oleh suatu likaso/badan yang disebut TPA. Dirjen PPM dan PLP Departemen Kesehatan RI (1989).

Cairan yang timbul dari hasil dekomposisi biologis sampah yang telah membusuk yang mengalami pelarutan akibat masuknya air eksternal ke dalam urugan atau timbunan sampah, selanjutnya benda cair air lindi akan mengalir ke tempat yang lebih rendah. Air lindi dapat merembes ke dalam tanah dan bercampur dengan air tanah, ataupun mengalir di permukaan tanah dan bermuara pada aliran air sungai. Kemampuan air lindi mencemari air permukaan atau air tanah dipengaruhi oleh kondisi geologi (tipe tanah dan jenis batuan) serta kondisi hidrologi (kedalaman dan pergerakan air tanah, jumlah curah hujan serta pengendalian aliran permukaan) dimana lokasi TPA berada (Maramis, 2008).

Air lindi pada umumnya mengandung senyawa-senyawa organik (hidrokarbon, asam humat, sulfat, tanat dan galat) dan anorganik (natrium, kalium, kalsium, magnesium, klor, sulfat, fosfat, fenol, nitrogen dan senyawa logam berat) yang tinggi. Konsentrasi dari komponen-komponen tersebut dalam air lindi bisa mencapai 1000 sampai 5000 kali lebih tinggi dari pada konsentrasi dalam air tanah (Maramis, 2008).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini sudah dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik, Laboratorium Kimia Analitik, Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang dimulai pada bulan Oktober 2012 hingga Februari 2013.

3.2 Alat dan Bahan

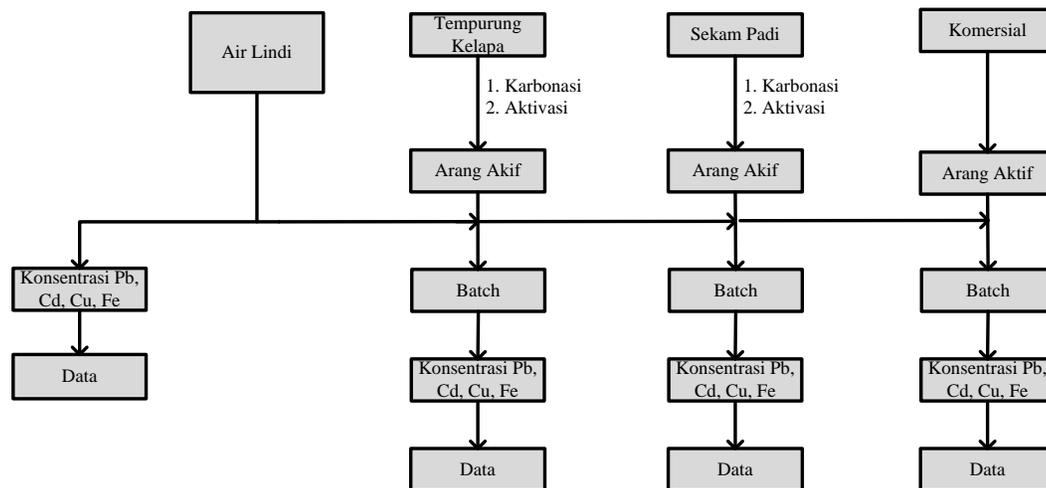
3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain pipet tetes, labu ukur 250 mL, 1000 mL, 100 mL, corong, neraca analitik, botol semprot, beaker glass 250 mL, botol kaca, kertas saring, oven, desikator, cawan nikel, Spektroskopi Serapan Atom, *shaker bath*, erlenmeyer 250 mL, aluminium foil, *furnace*.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air lindi di TPA Pakusari Jember, larutan HNO_3 pekat (Merck), larutan standart timbal (Pb) 1000 ppm, larutan standart (Cd) 1000 ppm, larutan standart timbal (Fe) 1000 ppm, standart timbal (Cu) 1000 ppm, arang aktif komersil (tempurung kelapa), tempurung kelapa, sekam padi, NaCl.

3.3 Diagram Alir Penelitian



3.4 Pengambilan Sampel (Sampling)

3.4.1 Daerah Sampling

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah air lindi yang diambil dari Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Pakusari Kabupaten Jember tanggal 8 Oktober 2012.

3.4.2 Cara Pengambilan Sampel

Sampel diambil sebanyak 5 liter dari tempat penampungan air lindi kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca dan diberi label.

3.5 Preparasi

3.5.1 Pembuatan Larutan Standar Timbal (Pb)

Larutan standar timbal 1000 ppm diambil 2,5 mL kemudian dimasukkan dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas sehingga

didapatkan larutan standar 10 ppm. Larutan standar 10 ppm diambil 10 mL, 20 mL, 30 mL, 40 mL, 50 mL dan diencerkan dalam labu ukur 100 mL sehingga diperoleh larutan standar 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm dan 5 ppm.

3.5.2 Pembuatan Larutan Standar Tembaga (Cu)

Larutan standar Tembaga 1000 ppm diambil 2,5 mL kemudian dimasukkan dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas sehingga didapatkan larutan standar 10 ppm. Larutan standar 10 ppm diambil 10 mL, 20 mL, 30 mL, 40 mL, 50 mL dan diencerkan dalam labu ukur 100 mL sehingga diperoleh larutan standar 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm dan 5 ppm.

3.5.3 Pembuatan Larutan Standar Besi (Fe)

Larutan standar Besi 1000 ppm diambil 2,5 mL kemudian dimasukkan dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas sehingga didapatkan larutan standar 10 ppm. Larutan standar 10 ppm diambil 10 mL, 20 mL, 30 mL, 40 mL, 50 mL dan diencerkan dalam labu ukur 100 mL sehingga diperoleh larutan standar 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm dan 5 ppm.

3.5.4 Pembuatan Larutan Standar Kadmium (Cd)

Larutan standar Kadmium 1000 ppm diambil 2,5 mL kemudian dimasukkan dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas sehingga didapatkan larutan standar 10 ppm. Larutan standar 10 ppm diambil 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL dan diencerkan dalam labu ukur 100 mL sehingga diperoleh larutan standar 0,2 ppm, 0,4 ppm, 0,6 ppm, 0,8 ppm dan 1 ppm.

3.5.5 Larutan Sampel

Sampel air lindi sebanyak 120 mL dimasukkan dalam erlenmeyer 250 mL kemudian ditambah 5 mL HNO_3 dan dihomogenkan dengan *shakerbath* selama 20 menit setelah itu disaring dengan menggunakan kertas saring dan dimasukkan ke dalam botol kaca diberi label untuk masing – masing logam yang akan diukur.

3.6 Pengukuran Konsentrasi Larutan

Pengukuran konsentrasi Timbal, Tembaga, Besi, dan Kadium dilakukan secara kurva kalibrasi dengan mengukur absorban dari larutan standar dan dilanjutkan dengan larutan sampel menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Kurva kalibrasi dibuat dengan menyalurkan konsentrasi larutan standar sebagai sumbu X diplot terhadap absorbannya sebagai sumbu Y sehingga persamaan regresi linier diketahui dengan rumus :

$$Y = bX + a$$

Keterangan:

- Y : Absorban
- b : Kemiringan (slope)
- X : Konsentrasi
- a : Intersep

Konsentrasi larutan sampel ditentukan dengan mensubstitusikan harga absorban sampel pada persamaan garis regresi linier (Miller, J.C., dan Miller, J.N., 1991)

3.7 Pembuatan Arang Aktif

3.7.1 Preparasi Sampel

Sampel yang berupa tempurung kelapa dan sekam padi dikeringkan dahulu dengan cara dijemur sampai kering kemudian ditimbang sampai tercapai berat konstan masing – masing 2 kg.

3.7.2 Karbonasi

Sampel yang sudah dikeringkan dikarbonasi dengan menggunakan drum kecil, kemudian bahan baku tersebut dimasukkan dalam drum dan dibakar. Pada saat pembakaran hanya diberi lubang kecil sebagai jalan keluarnya asap.

3.7.3 Tahap Aktivasi

Arang hasil karbonasi direndam dalam larutan NaCl 1 M selama 5 jam, kemudian arang tersebut disaring dan setelah itu dikeringkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 24 jam.

3.7.4 Penentuan Kadar Air Arang Aktif

Ditimbang $\pm 1,00$ gram arang dari sekam, tempurung dan komersil dalam cawan nikel yang telah dikeringkan dan diketahui beratnya dengan konstan, kemudian dimasukkan dalam oven dan dipanaskan pada suhu 110°C selama 2 jam, didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali.

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{berat arang aktif awal} - \text{berat arang aktif setelah pemanasan}}{\text{Berat arang aktif awal}} \times 100\%$$

3.7.5 Penentuan Kadar Abu Arang Aktif

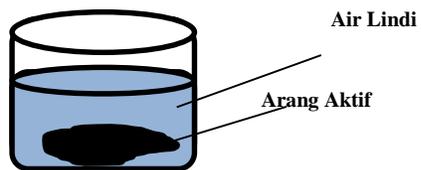
Ditimbang dengan teliti 1,00 gram arang aktif dari sekam, tempurung dan komersil yang telah dikeringkan selama 2 jam pada suhu 110 °C dalam cawan nikel yang telah diketahui beratnya dengan konstan. Arang diabukan dengan furnace pada suhu 700 °C selama 2 jam, didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali

$$\text{Kadar Abu} = \frac{\text{berat arang aktif awal} - \text{berat arang aktif sesudah pengabuan}}{\text{berat arang aktif awal}} \times 100\%$$

3.8 Sistem Batch

Cara Kerja pada sistem ini dilakukan dengan merendam masing – masing 2 gram arang aktif komersil, arang aktif tempurung kelapa, arang aktif sekam padi pada air

lindi selama 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit. Setelah air lindi disaring dengan kertas saring kemudian ditambah 5 mL HNO_3 dan dihomogenkan dengan *shaker bath* selama 20 menit. Selanjutnya disaring dan diukur kandungan logam pada air lindi.



BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan Arang Aktif

Arang aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang aktif dari sekam padi dan tempurung kelapa selain itu juga menggunakan arang aktif komersil. Sekam padi yang digunakan dipilih yang sudah kering dan tempurung kelapa yang berwarna coklat tua yang sudah kering. Pembuatan arang aktif dari sekam padi dan tempurung kelapa ini terdiri dari dua tahapan yaitu karbonasi (pengarangan), dan aktivasi.

4.1.1. Proses Pengarangan Sekam Padi dan Tempurung Kelapa

Proses pengarangan, sampel yang sudah dikeringkan dikarbonasi dengan menggunakan drum kecil, kemudian bahan baku tersebut dimasukkan dalam drum dan dibakar. Pada saat pembakaran hanya diberi lubang kecil sebagai jalan keluarnya asap. Arang yang telah dingin ditumbuk hingga halus kemudian diayak supaya mendapat ukuran yang homogen

Karbonasi merupakan proses pengarangan dari bahan yang mengandung karbon berbentuk padat seperti kayu atau biomaterial lain melalui proses pirolisis. Proses pirolisis merupakan proses penguraian bahan – bahan organik dengan menghilangkan kandungan air dan komponen volatil pada temperatur tinggi di bawah kondisi non oksidasi. Proses pirolisis secara umum sebagai berikut:



Pada proses pirolisis menghasilkan arang atau karbon dan gas, secara umum gas yang terbentuk antara lain H_2 , CO , H_2O , dan CH_4 . Biomaterial mengandung senyawa selulosa. Reaksi pirolisis pada selulosa yaitu : $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n \rightarrow 6n\text{C} + 5n(\text{H}_2\text{O})$. Sehingga dihasilkan arang atau karbon (Husni, 2008).

4.1.2. Proses Pengaktifan Arang dari Sekam Padi dan Tempurung Kelapa

Arang hasil karbonasi yang telah dibuat diaktivasi dengan cara direndam dalam larutan NaCl 1 M selama 5 jam, kemudian arang tersebut disaring dan setelah itu dikeringkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 24 jam yang bertujuan untuk mengurangi kadar air yang masih tertinggal pada permukaan arang aktif sehingga pori-porinya lebih terbuka dan dapat meningkatkan daya serapnya.

Aktivasi kimia pada penelitian ini dilakukan dengan merendam karbon hasil karbonisasi ke dalam larutan natrium klorida (NaCl). Penggunaan larutan natrium klorida sebagai zat aktivator kimia karena zat aktivator NaCl mampu berfungsi sebagai zat dehidrat pada karbon aktif yang dihasilkan. Selain itu NaCl yang tidak toksik, harganya sangat terjangkau dibanding dengan jenis aktivator yang lain dan aman terhadap lingkungan sehingga limbah yang dihasilkan tidak menyebabkan pencemaran lingkungan menjadi alasan terpenting dalam penggunaannya sebagai aktivator. Semakin bertambahnya konsentrasi NaCl sebagai zat aktivator kimia maka semakin banyak garam yang teradsorpsi dalam karbon aktif sehingga volume pori karbon bertambah besar karena garam berfungsi sebagai *dehydrating agent* yang menyerap air dalam pori karbon. Akan tetapi jika terlalu besar konsentrasi NaCl menyebabkan terjebaknya garam dalam kisi kristal karbon yang mengurangi volume pori sehingga daya serap karbon berkurang (Kusuma dan Utomo, 1970).

4.2. Hasil Pengujian Kualitas Arang Aktif dari Sekam Padi, Tempurung Kelapa, dan Komersil

Pengujian arang aktif dari sekam padi, tempurung kelapa, dan komersil dilakukan agar diperoleh arang aktif yang memenuhi persyaratan arang aktif menurut Standar Industri Indonesia (SII No 0258-79). Pengujian ini meliputi penentuan kadar air dan kadar abu.

4.2.1. Kadar air

Ditimbang $\pm 1,00$ gram arang dari sekam padi, tempurung, dan komersil dalam cawan nikel yang telah dikeringkan dan diketahui beratnya dengan konstan, kemudian dimasukkan dalam oven dan dipanaskan pada suhu 110°C selama 2 jam, didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali. Kadar air arang aktif dari sekam padi, tempurung, dan komersil yang diperoleh dengan tiga kali pengukuran adalah sebesar 9.51%, 7.31%, dan 5.77% dimana hal ini masih memenuhi persyaratan arang aktif menurut Standar Industri Indonesia yaitu dengan kadar air maksimum untuk arang aktif sebesar 15%. Tujuan penetapan kadar air untuk mengetahui sifat higroskopis dari arang aktif. Melalui uji kadar air ini dapat diketahui seberapa banyak air yang dapat teruapkan agar air yang terikat pada karbon aktif tidak menutup pori dari karbon aktif itu sendiri. Hilangnya molekul air yang ada pada karbon aktif menyebabkan pori-pori pada karbon aktif semakin besar. Semakin besar pori- pori maka luas permukaan karbon aktif semakin bertambah.

Data berat arang aktif mula-mula dan berat arang aktif setelah pemanasan serta kadar air dalam arang aktif dari sekam padi, tempurung, dan komersil ditunjukkan pada Tabel 4.1 Perhitungan terdapat pada Lampiran 1.

Tabel 4.1 Hasil penentuan kadar air arang aktif sekam padi, tempurung, dan komersil

| Arang Aktif | Berat arang aktif mula-mula (gram) | Berat arang aktif setelah pemanasan (gram) | Kadar air (%) | Kadar air rata-rata (%) |
|-------------|------------------------------------|--|---------------|-------------------------|
| Sekam Padi | 1,1243 | 1,0172 | 9,53 | 9,43 |
| | 1,1196 | 1,0152 | 9,32 | |
| | 1,1256 | 1,0194 | 9,43 | |
| Tempurung | 1,0956 | 1,0127 | 7,57 | 7,31 |
| | 1,1085 | 1,0286 | 7,21 | |
| | 1,1103 | 1,0308 | 7,16 | |
| Komersil | 1,1167 | 1,0551 | 5,52 | 5,77 |
| | 1,0868 | 1,0219 | 5,97 | |
| | 1,1038 | 1,0395 | 5,83 | |

4.2.2. Kadar abu

Ditimbang arang aktif dilakukan dengan menimbang dengan teliti 1,00 gram arang aktif dari sekam padi, tempurung, dan komersil yang telah dikeringkan selama 2 jam pada suhu 110 °C dalam cawan nikel yang telah diketahui beratnya dengan konstan. Arang diabukan dengan *furnace* pada suhu 700 °C selama 2 jam, didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali.

Kadar abu sebagai sisa mineral yang tertinggal pada saat dibakar, karena bahan alam sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif tidak hanya mengandung senyawa karbon tetapi juga mengandung beberapa mineral, dimana sebagian dari mineral ini telah hilang pada saat karbonisasi dan aktivasi, sebagian lagi diperkirakan masih tertinggal dalam karbon aktif. Kandungan abu sangat berpengaruh pada kualitas karbon aktif. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang.

Kadar abu arang aktif dari sekam padi, tempurung, dan komersil yang diperoleh dengan dua kali pengukuran diperoleh arang aktif dengan kadar abu sebesar 7,36%, 6,45%, dan 4,61% dimana hal ini masih memenuhi persyaratan arang aktif menurut Standar Industri Indonesia yaitu dengan kadar abu maksimum untuk arang aktif sebesar 10%.

Data berat arang aktif mula-mula dan berat arang aktif setelah pengabuan serta kadar abu arang aktif dari sekam padi, tempurung, dan komersil ditunjukkan pada Tabel 4.2. Perhitungan terdapat pada Lampiran 1.

Tabel 4.2 Hasil penentuan kadar abu arang aktif dari sekam padi, tempurung, dan komersil

| Arang Aktif | Berat arang aktif mula-mula (gram) | Berat arang aktif setelah pemanasan (gram) | Kadar abu (%) | Kadar abu rata-rata (%) |
|-------------|------------------------------------|--|---------------|-------------------------|
| | 1,0136 | 0,9403 | 7,23 | |
| Sekam Padi | 1,0084 | 0,9361 | 7,17 | 7,36 |
| | 1,0105 | 0,9329 | 7,68 | |

| Arang Aktif | Berat arang aktif mula-mula (gram) | Berat arang aktif setelah pemanasan (gram) | Kadar abu (%) | Kadar abu rata-rata (%) |
|--------------------|---|---|----------------------|--------------------------------|
| Tempurung | 1,0102 | 0,9481 | 6,15 | 6,45 |
| | 1,0204 | 0,9495 | 6,95 | |
| | 1,0249 | 0,9607 | 6,26 | |
| Komersil | 1,0432 | 0,9954 | 4,58 | 4,61 |
| | 1,0135 | 0,9692 | 4,37 | |
| | 1,0286 | 0,9785 | 4,87 | |

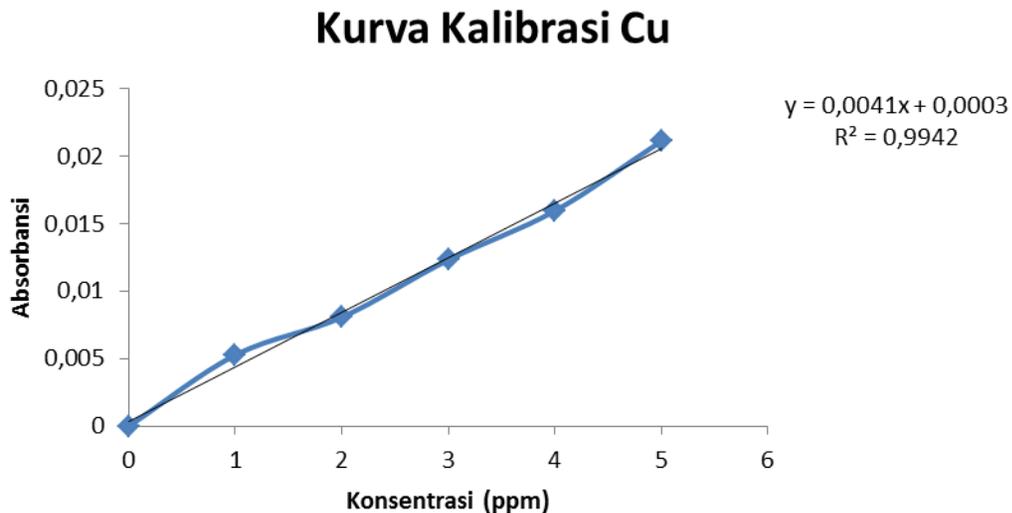
4.3. Kurva Kalibrasi Cu, Pb, Fe, dan Cd

4.3.1. Kurva Kalibrasi Tembaga (Cu), Timbal (Pb), dan Besi (Fe)

Dalam metode ini dibuat suatu larutan standar dengan berbagai konsentrasi dan absorbansi dari larutan tersebut diukur dengan SSA. Langkah selanjutnya adalah membuat grafik antara konsentrasi (C) dengan Absorbansi (A) yang akan merupakan garis lurus melewati titik nol. Konsentrasi larutan sampel dapat dicari setelah absorbansi larutan sampel diukur dan diinterpolasi ke dalam kurva kalibrasi atau dimasukkan ke dalam persamaan garis lurus yang diperoleh dengan menggunakan program regresi linear pada kurva kalibrasi. Hasil pengukuran dapat dikaitkan atau ditelusur sampai ke standar yang lebih teliti atau tinggi sehingga tingkat ketidakpastian (error) makin kecil.

Kurva kalibrasi merupakan kurva yang dibuat sebagai acuan dalam menentukan konsentrasi sampel. Pembuatan larutan standar tembaga (Cu) dilakukan dengan mengambil 2,5 mL dari larutan standar 1000 ppm, dimasukkan ke dalam labu ukur dan diencerkan dengan aquades sehingga diperoleh larutan standar 10 ppm. Dari larutan 10 ppm diencerkan kembali dengan mengambil 10 mL, 20 mL, 30 mL, 40 mL, dan 50 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan aquades sehingga diperoleh larutan standar 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm yang digunakan untuk membuat kurva kalibrasi, untuk larutan standar timbal (Pb) dan larutan standar besi (Fe) pembuatannya sama dengan pembuatan tembaga (Cu)

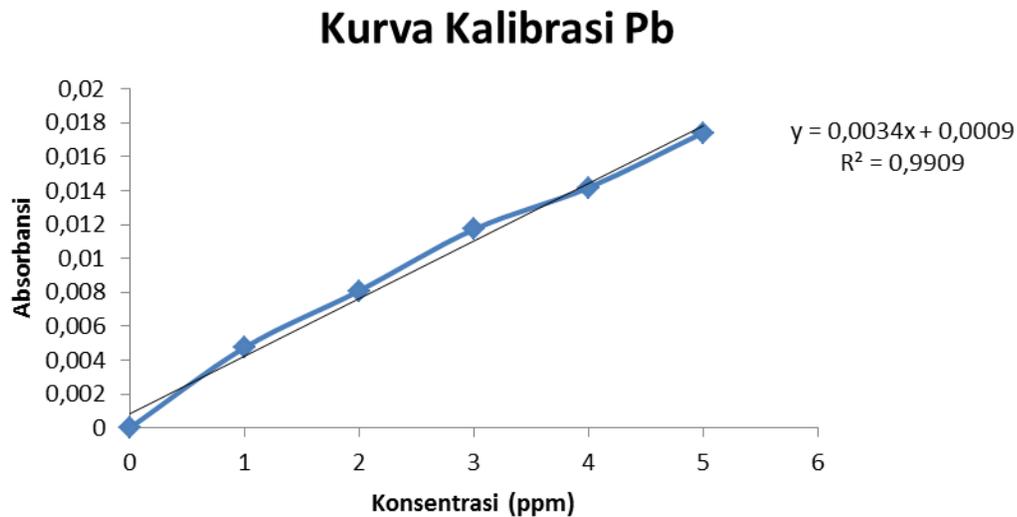
Kurva kalibrasi tembaga diperoleh dengan memplotkan konsentrasi larutan standar timbal terhadap absorbansi. Larutan standar timbal 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm diukur dengan menggunakan spektrometri serapan atom dengan panjang gelombang 324,8 nm. Kurva kalibrasi timbal disajikan pada gambar 4.1:



Gambar 4.1 Kurva Kalibrasi Cu

Berdasarkan gambar 4.1 di atas diperoleh suatu persamaan regresi yang merupakan hubungan dari absorbansi (y) dengan konsentrasi (x) dengan persamaan regresi $y = 0,0041x + 0,0003$ dan nilai R^2 sebesar 0,9942 artinya nilai variabel absorbansi yang dapat dijelaskan oleh variabel konsentrasi sebesar 99,42% sedangkan 0,58% sisanya dijelaskan oleh kesalahan atau pengaruh variabel lain. Konsentrasi logam Cu dalam sampel diperoleh dengan mensubstitusikan nilai absorbansi larutan sampel pada persamaan $y = 0,0041x + 0,0003$.

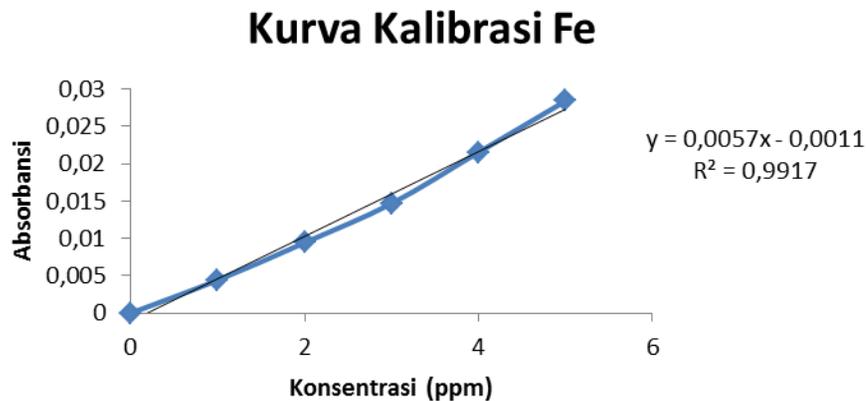
Kurva kalibrasi timbal diperoleh dengan memplotkan konsentrasi larutan standar timbal terhadap absorbansi. Larutan standar timbal 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm diukur dengan menggunakan spektrometri serapan atom dengan panjang gelombang 283,2 nm. Kurva kalibrasi timbal disajikan pada gambar 4.2:



Gambar 4.2 Kurva Kalibrasi Pb

Berdasarkan gambar 4.2 di atas diperoleh suatu persamaan regresi yang merupakan hubungan dari absorbansi (y) dengan konsentrasi (x) dengan persamaan regresi $y = 0,0034x + 0,0009$ dan nilai R^2 sebesar 0,9909 artinya nilai variabel absorbansi yang dapat dijelaskan oleh variabel konsentrasi sebesar 99,09% sedangkan 0,91% sisanya dijelaskan oleh kesalahan atau pengaruh variabel lain. Konsentrasi logam Pb dalam sampel diperoleh dengan mensubstitusikan nilai absorbansi larutan sampel pada persamaan $y = 0,0034x + 0,0009$.

Kurva kalibrasi besi diperoleh dengan memplotkan konsentrasi larutan standar besi terhadap absorbansi. Larutan standar timbal 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm diukur dengan menggunakan spektrometri serapan atom dengan panjang gelombang 248,3 nm. Kurva kalibrasi timbal disajikan pada gambar 4.3:

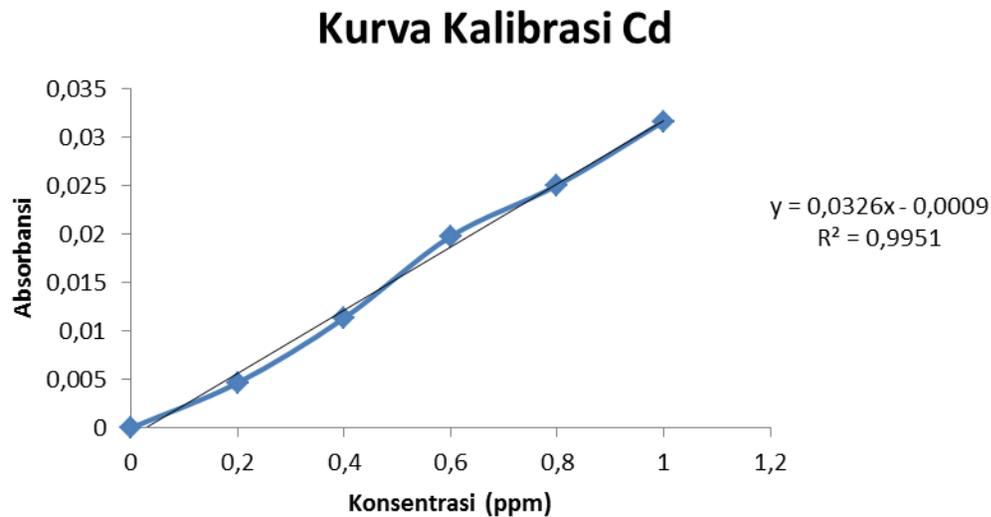


Gambar 4.3 Kurva Kalibrasi Fe

Berdasarkan gambar 4.3 di atas diperoleh suatu persamaan regresi yang merupakan hubungan dari absorbansi (y) dengan konsentrasi (x) dengan persamaan regresi $y = 0,0057x - 0,0011$ dan nilai R^2 sebesar 0,9917 artinya nilai variabel absorbansi yang dapat dijelaskan oleh variabel konsentrasi sebesar 99,17% sedangkan 0,83% sisanya dijelaskan oleh kesalahan atau pengaruh variabel lain. Konsentrasi logam Fe dalam sampel diperoleh dengan mensubstitusikan nilai absorbansi larutan sampel pada persamaan $y = 0,0057x - 0,0011$.

4.3.2. Kurva Kalibrasi Kadmium (Cd)

Dalam pembuatan larutan standar kadmium (Cd) dilakukan dengan mengambil 2,5 mL dari larutan standar 1000 ppm, dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dalam labu ukur 250 mL dengan aquades sampai tanda batas sehingga diperoleh larutan standar 10 ppm. Dari larutan standar 10 ppm diencerkan kembali dengan mengambil 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL dan diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas dan menghasilkan larutan standar 0,2 ppm, 0,4 ppm, 0,6 ppm, 0,8 ppm, dan 1 ppm, diukur dengan menggunakan spektrometri serapan atom dengan panjang gelombang 228,9 nm. Kurva kalibrasi timbal disajikan pada gambar 4.4:



Gambar 4.4 Kurva Kalibrasi Cd

Berdasarkan gambar 4.4 di atas diperoleh suatu persamaan regresi yang merupakan hubungan dari absorbansi (y) dengan konsentrasi (x) dengan persamaan regresi $y = 0,0326x - 0,0009$ dan nilai R^2 sebesar 0,9951 artinya nilai variabel absorbansi yang dapat dijelaskan oleh variabel konsentrasi sebesar 99,51% sedangkan 0,49% sisanya dijelaskan oleh kesalahan atau pengaruh variabel lain. Konsentrasi logam Cd dalam sampel diperoleh dengan mensubstitusikan nilai absorbansi larutan sampel pada persamaan $y = 0,0326x - 0,0009$.

4.4. Hasil Pengujian Pengaruh Perendaman

Sampel yang digunakan yaitu air lindi, air lindi terdapat kandungan logam berat yang dapat membahayakan manusia, cara yang paling mudah yang digunakan dalam menurunkan konsentrasi kandungan logam berat adalah menggunakan perendaman sampel dengan arang aktif sekam padi, tempurung, dan komersil dengan adanya variasi waktu.

Variasi waktu dapat memberi pengaruh terhadap penurunan konsentrasi kandungan logam berat. Sampel air lindi tanpa perendaman arang aktif dilakukan pengukuran terlebih dulu, setelah itu dilakukan pengukuran untuk masing-masing

logam dengan cara perendaman arang aktif sekam padi, tempurung, dan komersil dengan sampel dengan masing-masing variasi perendaman 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit. Variasi perendaman memberikan pengaruh terhadap penurunan konsentrasi logam Cu, Pb, Fe, dan Cd. Pengukuran logam dilakukan dengan spektrometri serapan atom yang didapat absorbansi, kemudian absorbansi yang didapat dari masing - masing logam disubstitusikan terhadap persamaan regresi dari kurva kalibrasi setiap logam sehingga diperoleh konsentrasi setiap sampel.

4.4.1. Hasil Pengujian Pengaruh Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Cu

Pengujian pengaruh waktu perendaman terhadap logam Cu untuk masing-masing arang aktif terhadap sampel dilakukan dengan waktu perendaman 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit. Dari perbedaan jenis arang aktif yang digunakan dengan waktu yang berbeda menunjukkan penurunan konsentrasi logam Cu dalam sampel air lindi, semakin lama waktu perendaman semakin berkurang nilai konsentrasinya, hal tersebut disebabkan oleh faktor waktu perendaman dan bahan yang digunakan dalam pembuatan arang aktif.

Konsentrasi awal logam Cu pada air lindi adalah 2,61 ppm tanpa perendaman, setelah dilakukan perendaman arang aktif sekam 30 menit konsentrasi masih tetap 2,61 ppm, waktu 60 menit menurun menjadi 1,88 ppm sampai waktu 120 menit konsentrasi menurun hingga 1,39 ppm dan pada waktu 150 menit tidak mengalami penurunan kembali yaitu nilai konsentrasinya 1,39 ppm sehingga waktu maksimal penyerapan arang aktif sekam terhadap logam Cu adalah 120 menit.

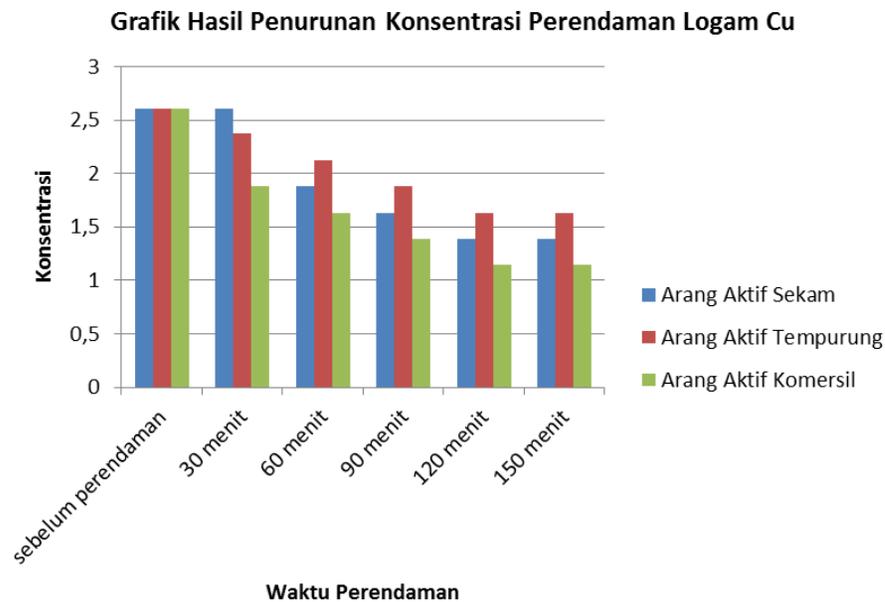
Perendaman yang kedua dilakukan dengan menggunakan arang aktif tempurung dengan varian perlakuan waktu perendaman yang sama yaitu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit. Pada waktu perendaman 30 menit konsentrasi logam Cu mengalami penurunan menjadi 2,37 ppm, waktu 60 menit menurun menjadi 2,12 ppm sampai waktu 120 menit menurun hingga 1,63 ppm dan pada waktu 150 menit tidak mengalami penurunan nilai konsentrasi tetap sehingga

waktu maksimal penyerapan arang aktif tempurung terhadap logam Cu adalah 120 menit.

Perendaman yang ketiga dilakukan dengan menggunakan arang aktif yaitu arang aktif komersil, pada waktu perendaman 30 menit konsentrasi logam Cu menurun menjadi 1,88 ppm, waktu 60 menit menurun menjadi 1,63 ppm sampai waktu 120 menit konsentrasi menurun hingga 1,15 ppm dan pada waktu 150 menit tidak mengalami penurunan konsentrasi sehingga waktu maksimal penyerapan arang aktif komersil terhadap logam Cu adalah 120 menit.

Dari berbagai macam arang aktif dan waktu perendaman yang dilakukan, dapat diketahui terdapat pengaruh dalam menurunkan konsentrasi logam Cu dalam sampel. Arang aktif komersil lebih berpengaruh dan lebih efektif. Adanya nilai konsentrasi tetap pada sebagian waktu dikarenakan pori-pori ketiga arang aktif mengalami kejenuhan pada waktu 120 menit sehingga tidak dapat menyerap lagi.

Perbedaan waktu perendaman arang aktif dengan sampel memberi pengaruh terhadap penurunan konsentrasi logam Cu, selain waktu perendaman perbedaan arang aktif yang digunakan juga mempengaruhi penurunan konsentrasi logam Cu. Hasil konsentrasi logam Cu setelah perendaman dapat dilihat pada grafik 4.5.



Grafik 4.5. Hasil Penurunan Konsentrasi Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Cu

4.4.2. Hasil Pengujian Pengaruh Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Pb

Pengujian waktu perendaman untuk masing-masing arang aktif terhadap sampel yang mengandung logam Pb dilakukan dengan waktu perendaman 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit. Dari perbedaan jenis arang aktif yang digunakan dengan waktu yang berbeda menunjukkan penurunan konsentrasi logam Pb dalam sampel air lindi, semakin lama waktu perendaman semakin nilai konsentrasi turun dikarenakan oleh faktor waktu perendaman dan arang aktif yang digunakan. Awal konsentrasi logam Pb air lindi 2,09 ppm tanpa perendaman setelah dilakukan perendaman dengan arang aktif sekam 30 menit konsentrasi masih tetap 1,79 ppm, waktu 60 menit menurun menjadi 1,50 ppm sampai waktu 120 menit konsentrasi menurun hingga 0,912 ppm dan pada waktu 150 menit nilai konsentrasi

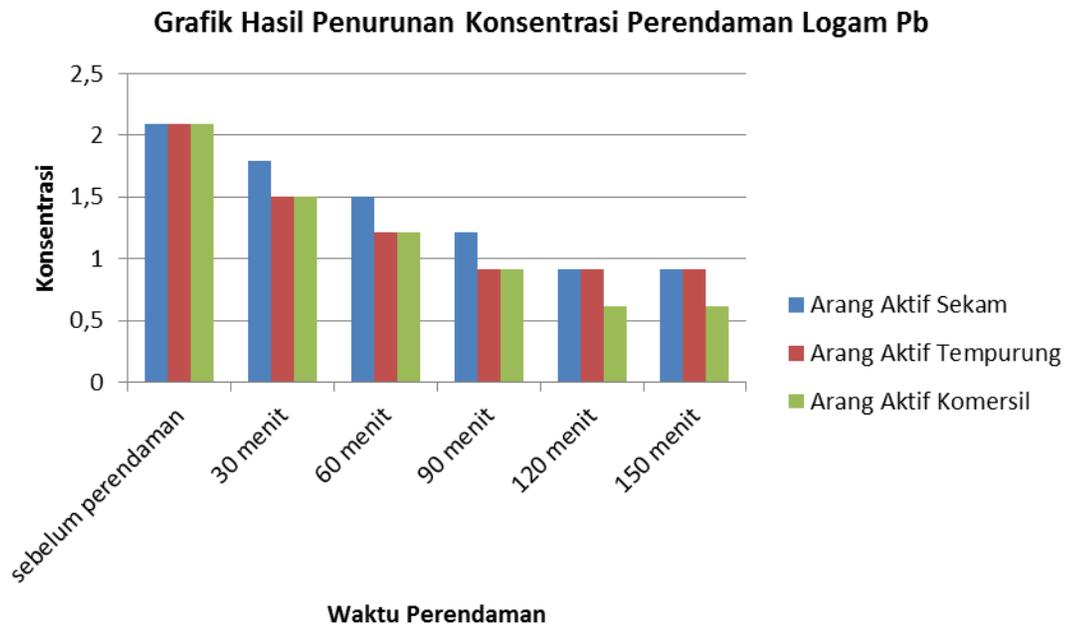
logam Pb tidak mengalami penurunan kembali sehingga waktu maksimal penyerapan arang aktif sekam terhadap logam Pb adalah 120 menit.

Perendaman yang kedua dilakukan dengan menggunakan arang aktif tempurung dengan perlakuan varian waktu perendaman yang sama, pada waktu perendaman 30 menit konsentrasi logam Pb mengalami penurunan menjadi 1,50 ppm, waktu 60 menit menurun menjadi 1,21 ppm tetapi waktu 90 menit menurun hingga 0,912 ppm dan pada waktu 120 dan 150 menit tidak mengalami penurunan nilai konsentrasi tetap sehingga waktu maksimal penyerapan arang aktif tempurung kepala terhadap logam Pb adalah 90 menit.

Perendaman ketiga dilakukan dengan menggunakan arang aktif komersil, pada waktu perendaman 30 menit konsentrasi logam Pb menurun menjadi 1,50 ppm, waktu 60 menit menurun menjadi 1,21 ppm sampai waktu 120 menit konsentrasi menurun hingga 0,618 ppm dan pada waktu 150 menit tidak mengalami penurunan konsentrasi sehingga waktu maksimal penyerapan arang aktif komersil terhadap logam Pb adalah 120 menit.

Dari berbagai macam arang aktif dan waktu perendaman yang digunakan dapat diketahui perbedaan dalam menurunkan konsentrasi logam dalam sampel, arang aktif komersil lebih berpengaruh dan lebih efektif dan adanya nilai konsentrasi tetap pada sebagian waktu dikarenakan pori-pori arang aktif mengalami kejenuhan pada waktu 120 menit untuk arang aktif sekam dan komersil dan untuk arang aktif tempurung kelapa pada waktu 90 menit sehingga tidak dapat menyerap lagi. Hal ini dapat dipengaruhi dengan kondisi arang aktif.

Perbedaan waktu perendaman arang aktif dengan sampel memberi pengaruh terhadap penurunan konsentrasi logam Pb, selain waktu perendaman perbedaan arang aktif yang digunakan juga mempengaruhi penurunan konsentrasi logam Pb. Hasil konsentrasi logam Pb setelah perendaman dapat dilihat pada grafik 4.6.



Grafik 4.6. Hasil Penurunan Konsentrasi Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Pb

4.4.3. Hasil Pengujian Pengaruh Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Fe

Pengujian waktu perendaman masing-masing arang aktif terhadap sampel yang mengandung logam Fe dilakukan dengan waktu perendaman 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit. Dari perbedaan jenis arang aktif yang digunakan dengan waktu yang berbeda menunjukkan perbedaan penurunan konsentrasi logam Fe dalam sampel air lindi, semakin lama waktu perendaman semakin nilai konsentrasi turun karena dari faktor waktu perendaman dan arang aktif yang digunakan.

Awal konsentrasi logam Fe air lindi adalah 2,30 ppm tanpa perendaman setelah dilakukan perendaman arang aktif sekam 30 menit konsentrasi masih tetap 1,77 ppm, waktu 60 menit menurun menjadi 1,60 ppm sampai waktu 120 menit konsentrasi menurun hingga 1,07 ppm dan pada waktu 150 menit tidak mengalami

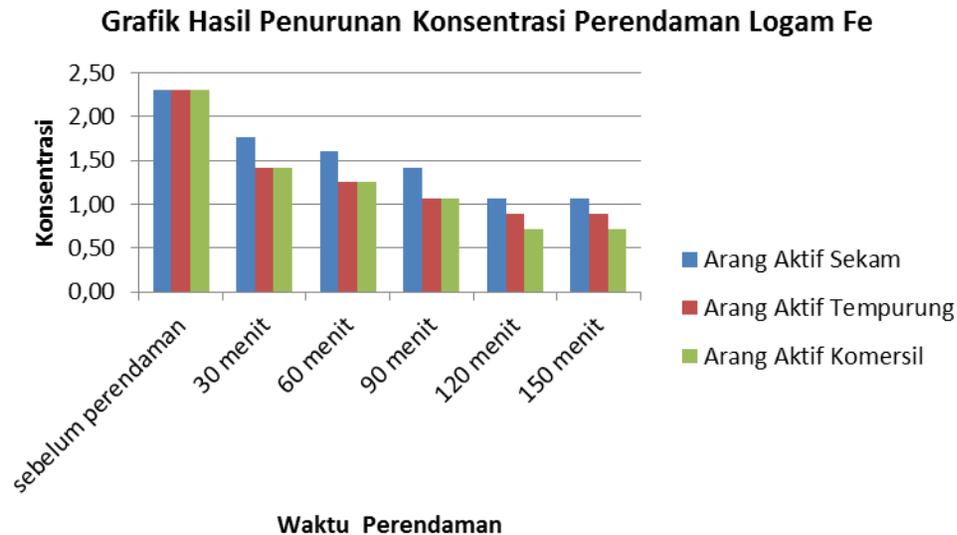
penurunan kembali nilai konsentrasi tetap sehingga waktu maksimal penyerapan arang aktif sekam terhadap logam Fe adalah 120 menit.

Perendaman kedua dilakukan dengan menggunakan arang aktif tempurung dengan perlakuan waktu perendaman yang sama, di waktu perendaman 30 menit konsentrasi logam Fe terdapat penurunan menjadi 1,42 ppm dibandingkan arang sekam, waktu 60 menit menurun menjadi 1,25 ppm sampai waktu 120 menit menurun 0,895 ppm dan 150 menit tidak mengalami penurunan nilai konsentrasi tetap sehingga waktu maksimal penyerapan arang aktif tempurung kelapa terhadap logam Fe adalah 120 menit.

Perendaman ketiga dengan menggunakan arang aktif komersil, di waktu perendaman 30 menit konsentrasi logam Fe menurun menjadi 1,42 ppm, waktu 60 menit menurun menjadi 1,25 ppm sampai waktu 120 menit konsentrasi menurun hingga 0,719 ppm dan pada waktu 150 menit tidak mengalami penurunan konsentrasi sehingga waktu maksimal penyerapan arang aktif komersil terhadap logam Fe adalah 120 menit.

Dari berbagai macam arang aktif dan waktu perendaman yang di gunakan dapat diketahui perbedaan dalam menurunkan konsentrasi logam dalam sampel. Arang aktif komersil lebih berpengaruh dan lebih efektif. Adanya nilai konsentrasi tetap pada sebagian waktu dikarenakan pori-pori ketiga arang aktif mengalami kejenuhan pada waktu 120 menit sehingga tidak dapat menyerap lagi.

Perbedaan waktu perendaman arang aktif dengan sampel memberi pengaruh terhadap penurunan konsentrasi logam Fe, selain waktu perendaman perbedaan arang aktif yang digunakan juga mempengaruhi penurunan konsentrasi logam Fe. Hasil konsentrasi logam Fe setelah perendaman dapat dilihat pada grafik 4.7.



Grafik 4.7. Hasil Penurunan Konsentrasi Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Fe

4.4.4. Hasil Pengujian Pengaruh Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Cd

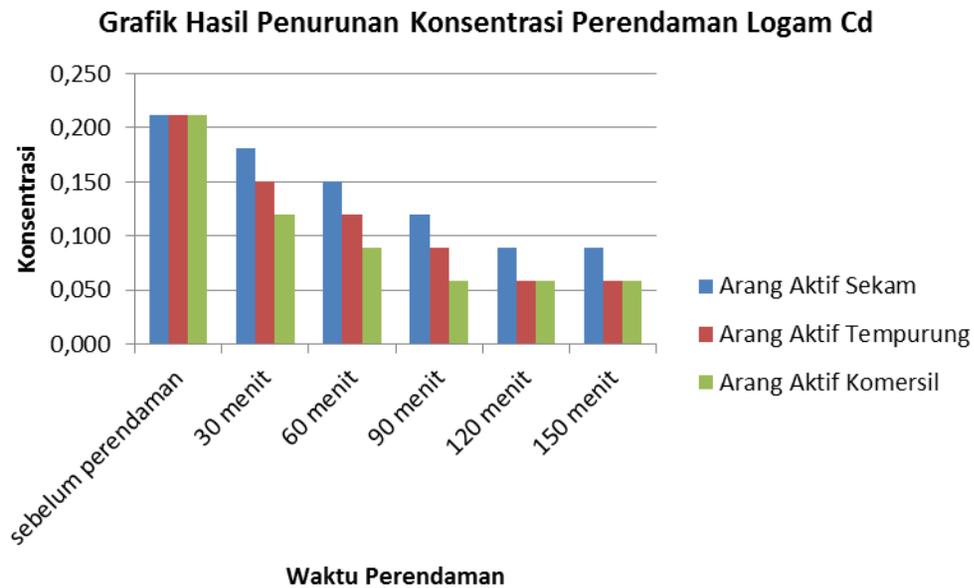
Pengujian waktu perendaman masing-masing arang aktif terhadap sampel yang mengandung logam Cd dilakukan dengan waktu perendaman 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit. Dari perbedaan jenis arang aktif yang digunakan dengan waktu yang berbeda menunjukkan penurunan konsentrasi logam Cd dalam sampel air lindi, semakin lama waktu perendaman semakin nilai konsentrasi turun karena dari faktor waktu perendaman dan bahan yang digunakan dalam pembuatan arang aktif. Konsentrasi awal logam Cd pada air lindi 0,212 ppm tanpa perendaman setelah dilakukan perendaman arang aktif sekam 30 menit konsentrasi menurun 0,181 ppm, waktu 60 menit menurun menjadi 0,150 ppm sampai waktu 120 menit konsentrasi menurun hingga 0,0895 ppm dan pada waktu 150 menit tidak mengalami penurunan kembali sehingga waktu maksimal penyerapan arang aktif sekam terhadap logam Cd adalah 120 menit.

Perendaman kedua dilakukan dengan arang aktif tempurung dengan perlakuan waktu perendaman yang sama, di waktu perendaman 30 menit konsentrasi logam Cd terdapat penurunan menjadi 0,150 ppm, waktu 60 menit menurun menjadi 0,120 ppm sampai waktu 120 menurun 0,0583 ppm dan 150 menit tidak mengalami penurunan nilai konsentrasi tetap sehingga waktu maksimal penyerapan arang aktif tempurung kelapa terhadap logam Cd adalah 120 menit.

Perendaman ketiga dengan beda arang aktif yaitu arang aktif komersil, pada waktu perendaman 30 menit konsentrasi logam Cd menurun menjadi 0,120 ppm, waktu 60 menit menurun menjadi 0,0895 ppm, waktu 90 menit konsentrasi menurun hingga 0,0583 ppm dan pada waktu 120 dan 150 menit tidak mengalami penurunan konsentrasi. Dari berbagai macam arang aktif dan waktu perendaman yang digunakan dapat diketahui perbedaan dalam menurunkan konsentrasi logam dalam sampel, pada logam Cd lebih efektif arang aktif komersil dalam menurunkan konsentrasinya sehingga waktu maksimal penyerapan arang aktif komersil terhadap logam Cd adalah 90 menit.

Dari berbagai macam arang aktif dan waktu perendaman yang digunakan dapat diketahui perbedaan dalam menurunkan konsentrasi logam dalam sampel, arang aktif komersil lebih berpengaruh dan lebih efektif dan adanya nilai konsentrasi tetap pada sebagian waktu dikarenakan pori-pori arang aktif mengalami kejenuhan pada waktu 120 menit untuk arang aktif sekam dan tempurung kelapa dan untuk arang aktif komersil pada waktu 90 menit sehingga tidak dapat menyerap lagi. Hal ini dapat dipengaruhi dengan kondisi arang aktif.

Perbedaan waktu perendaman arang aktif dengan sampel memberi pengaruh terhadap penurunan konsentrasi logam Cd, selain waktu perendaman perbedaan arang aktif yang digunakan juga mempengaruhi penurunan konsentrasi logam Cd. Hasil konsentrasi logam Cd setelah perendaman dapat dilihat pada grafik 4.8.



Grafik 4.8. Hasil Penurunan Konsentrasi Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Cd

4.4.5. Ringkasan Hasil Pengujian Pengaruh Perendaman Arang Aktif Terhadap Logam Cu, Pb, Fe dan Cd

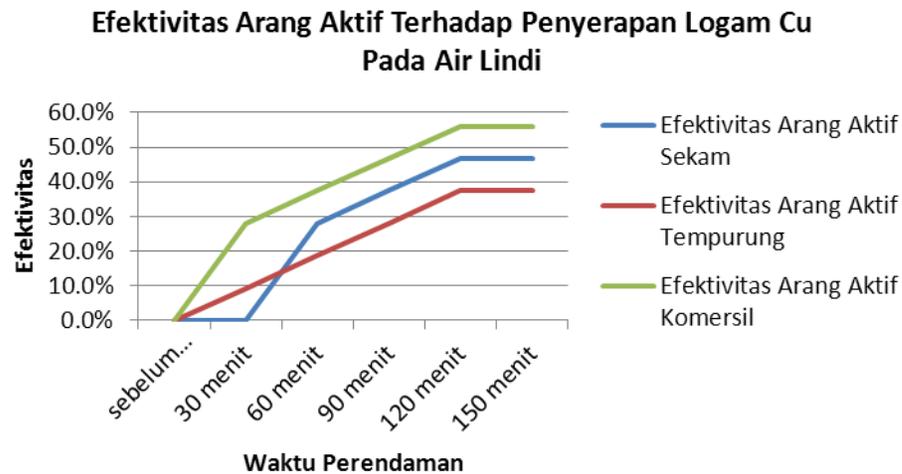
Berdasarkan data yang dihasilkan dalam penelitian ini arang aktif komersil lebih baik dalam menyerap logam Cu, Pb, Fe, dan Cd. Konsentrasi awal logam Cu pada sampel yaitu 2,61 ppm setelah direndam dengan arang aktif sekam menjadi 1,39 ppm, arang aktif tempurung 1,63 arang aktif komersil 1,15 ppm. Konsentrasi logam Pb sebelum perendaman yaitu 2,09 ppm, setelah perendaman dengan arang aktif sekam menjadi 0,912 ppm, arang aktif tempurung 0,912 ppm, dan arang aktif komersil 0,618 ppm. Untuk logam Fe konsentrasi awal sebesar 2,30 ppm setelah perendaman dengan arang aktif sekam 1,07 ppm, arang aktif tempurung 0,895 ppm, dan arang aktif komersil menjadi 0,719 ppm. Konsentrasi awal logam Cd sebesar 0,212 ppm setelah perendaman dengan arang aktif sekam menjadi 0,0895 ppm, sedangkan arang aktif tempurung dan arang aktif komersil menjadi 0,0583 ppm. Dari

hasil perendaman yang dilakukan arang aktif komersil lebih baik dari arang aktif lainnya. Hal ini sesuai dengan nilai kualitas arang aktif yang meliputi kadar air dan kadar abu masing-masing arang aktif. Kadar air arang aktif sekam 9,43 %, tempurung 7,31%, dan komersil 5,77%. Sedangkan nilai kadar abu arang aktif sekam 7,36%, tempurung 6,45%, dan komersil 4,61%. Semakin kecil nilai kadar air dan kadar abu maka kualitas arang aktif dalam menyerap logam semakin baik.

4.5. Efektivitas Arang Aktif Terhadap Penyerapan Logam pada Air Lindi

4.5.1. Efektivitas Arang Aktif terhadap Penyerapan Logam Cu

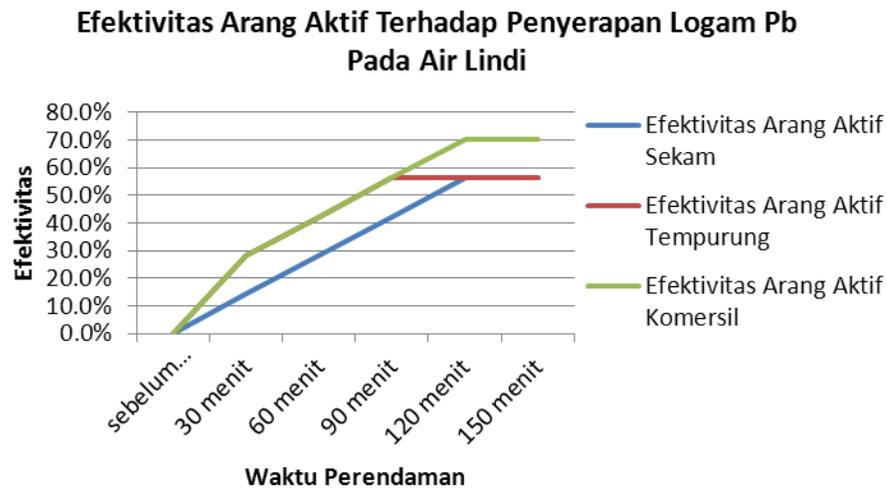
Perendaman yang dilakukan dengan perbedaan arang aktif yang digunakan dan perbedaan waktu mempengaruhi kemampuan arang aktif dalam menyerap logam dalam sampel air lindi. Dari data yang didapat arang aktif dalam menyerap logam Cu yang mempunyai nilai % efektifitas paling besar yaitu arang aktif komersil dengan nilai 55,9% dengan waktu penyerapan maksimal 120 menit apabila dibandingkan dengan arang aktif sekam mempunyai efektivitas sebesar 46,7% dengan waktu penyerapan maksimal 120 menit dan arang aktif tempurung kelapa mempunyai efektivitas sebesar 37,5% dengan waktu penyerapan maksimal 120 menit. Hal ini dikarenakan kadar air 5,77% dan kadar abu 4,61% arang aktif komersil yang paling kecil dari arang aktif lainnya dan waktu perendaman juga mempengaruhi nilai efektifitas arang aktif komersil lebih bagus.



Grafik 4.9. Efektivitas Arang Aktif terhadap Penyerapan Logam Cu

4.5.2. Efektivitas Arang Aktif terhadap Penyerapan Logam Pb

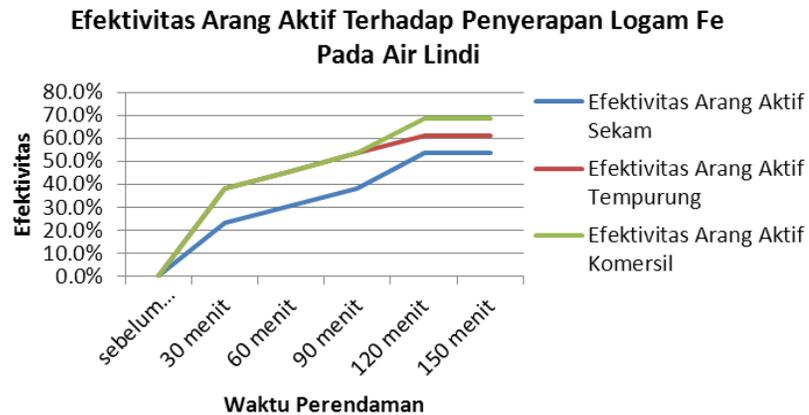
Perendaman yang dilakukan dengan perbedaan arang aktif yang digunakan dan perbedaan waktu mempengaruhi kemampuan arang aktif dalam menyerap logam dalam sampel air lindi. Dari data yang didapat arang aktif dalam menyerap logam Pb yang mempunyai nilai % efektifitas paling besar yaitu arang aktif komersil dengan nilai 70,4% dengan waktu penyerapan maksimal 120 menit apabila dibandingkan dengan arang aktif sekam mempunyai efektifitas sebesar 56,4% dengan waktu penyerapan maksimal 120 menit dan arang aktif tempurung kelapa mempunyai efektifitas sebesar 56,3% dengan waktu penyerapan maksimal 90 menit. Hal ini dikarenakan kadar air 5,77% dan kadar abu 4,61% arang aktif komersil yang paling kecil dari arang aktif lainnya dan waktu perendaman juga mempengaruhi nilai efektifitas arang aktif komersil lebih bagus.



Grafik 4.10. Efektivitas Arang Aktif terhadap Penyerapan Logam Pb

4.5.3. Efektivitas Arang Aktif terhadap Penyerapan Logam Fe

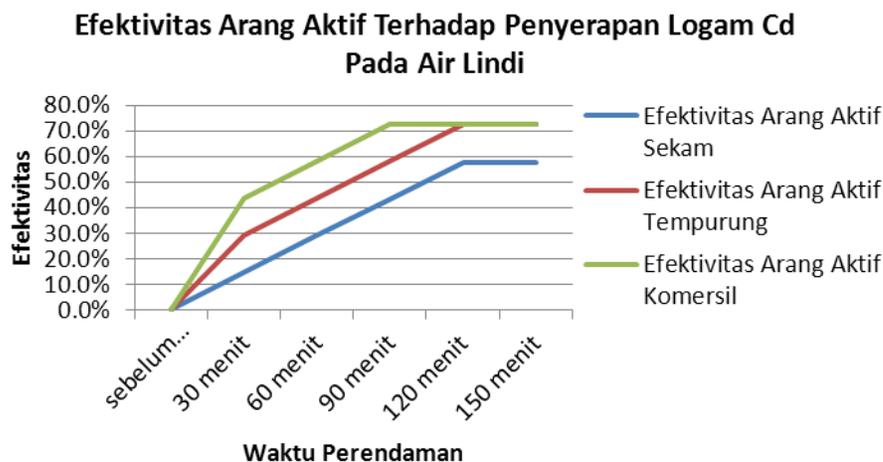
Perendaman yang dilakukan dengan perbedaan arang aktif yang digunakan dan perbedaan waktu mempengaruhi kemampuan arang aktif dalam menyerap logam dalam sampel air lindi. Dari data yang didapat arang aktif dalam menyerap logam Fe yang mempunyai nilai % efektifitas paling besar yaitu arang aktif komersil dengan nilai 68,7% dengan waktu penyerapan maksimal 120 menit apabila dibandingkan dengan arang aktif sekam mempunyai efektifitas sebesar 53,5% dengan waktu penyerapan maksimal 120 menit dan arang aktif tempurung kelapa mempunyai efektifitas sebesar 68,7% dengan waktu penyerapan maksimal 120 menit. Hal ini dikarenakan kadar air 5,77% dan kadar abu 4,61% arang aktif komersil yang paling kecil dari arang aktif lainnya dan waktu perendaman juga mempengaruhi nilai efektifitas arang aktif komersil lebih bagus.



Grafik 4.11. Efektivitas Arang Aktif terhadap Penyerapan Logam Fe

4.5.4. Efektivitas Arang Aktif terhadap Penyerapan Logam Cd

Perendaman yang dilakukan dengan perbedaan arang aktif yang digunakan dan perbedaan waktu mempengaruhi kemampuan arang aktif dalam menyerap logam dalam sampel air lindi. Dari data yang didapat arang aktif dalam menyerap logam Cd yang mempunyai nilai % efektifitas paling besar yaitu arang aktif tempurung dan arang aktif komersil dengan nilai 72,5% dengan waktu penyerapan maksimal 90 menit apabila dibandingkan dengan arang aktif sekam mempunyai efektifitas sebesar 57,8% dengan waktu penyerapan maksimal 120 menit dan arang aktif tempurung kelapa mempunyai efektifitas sebesar 72,5% dengan waktu penyerapan maksimal 120 menit. Hal ini dikarenakan kadar air 5,77% dan kadar abu 4,61% arang aktif komersil yang paling kecil dari arang aktif lainnya dan waktu perendaman juga mempengaruhi nilai efektifitas arang aktif komersil lebih bagus



Grafik 4.12. Efektivitas Arang Aktif terhadap Penyerapan Logam Cd

4.5.5. Ringkasan Efektivitas Arang Aktif Terhadap Penyerapan Logam Cu, Pb, Fe dan Cd

Nilai efektivitas yang dihasilkan dipengaruhi oleh kualitas arang aktif yang meliputi kadar air dan kadar abu selain itu waktu perendaman juga mempengaruhi nilai efektivitas arang aktif. Semakin lama waktu perendaman arang aktif terhadap sampel maka daya serap arang aktif semakin meningkat. Nilai efektivitas arang aktif komersil yang besar dipengaruhi oleh kadar air dan kadar abu dari arang aktif komersil yaitu sebesar 5,77% dan 4,61%, semakin kecil nilai kadar air dan kadar abu kecil maka nilai efektivitas semakin besar. Selain itu nilai efektivitas arang aktif komersil juga dipengaruhi oleh lamanya waktu perendaman.

Berdasarkan data efektivitas, data yang diperoleh dalam penelitian ini, arang aktif komersil mempunyai nilai efektivitas paling besar apabila dibandingkan dengan arang aktif yang lain. Efektivitas arang aktif sekam terhadap logam Cu sebesar 46,7%, arang aktif tempurung 37,5%, arang aktif komersil 55,9%. Efektivitas arang aktif sekam terhadap logam Pb sebesar 56,4%, arang aktif tempurung 56,3%, dan arang aktif komersil 70,4%. Efektivitas arang aktif terhadap logam Fe sebesar 53,5%,

arang aktif tempurung 61,1%, arang aktif komersil 68,7%. Sedangkan untuk efektivitas arang aktif sekam terhadap logam Cd sebesar 57,8%, arang aktif tempurung dan arang aktif komersil sebesar 72,5%.

BAB 5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Kualitas arang aktif sebagai adsorben dipengaruhi oleh kadar air dan kadar abu dari arang aktif tersebut. Kadar air dan kadar abu arang aktif sekam padi sebesar 9,43% dan 7,36%; arang aktif tempurung kelapa sebesar 7,31% dan 6,45%; sedangkan arang aktif komersil sebesar 5,77% dan 4,61%
2. Semakin lama waktu perendaman sampel dengan arang aktif maka semakin banyak logam yang terserap sampai dalam kondisi jenuh. Pada penyerapan logam Cu arang aktif sekam padi, arang aktif tempurung kelapa dan arang aktif komersil mengalami jenuh pada waktu 120 menit. Penyerapan logam Pb arang aktif sekam padi jenuh pada waktu 120 menit, arang aktif tempurung kelapa pada waktu 90 menit dan arang aktif komersil pada waktu 120 menit. Penyerapan logam Fe arang aktif sekam padi, arang aktif tempurung kelapa dan arang aktif komersil mengalami jenuh pada waktu 120 menit. Penyerapan logam Cd arang aktif sekam padi jenuh pada waktu 120 menit, arang aktif tempurung kelapa pada waktu 120 menit dan arang aktif komersil pada waktu 90 menit
3. Arang aktif sekam padi mempunyai efektifitas 46,7% untuk logam Cu, 56,4% untuk logam Pb, 53,5% untuk logam Fe dan 57,8% untuk logam Cd. Arang aktif tempurung kelapa mempunyai efektifitas 37,5% untuk logam Cu, 56,3% untuk logam Pb, 61,1% untuk logam Fe dan 72,5% untuk logam Cd. Arang aktif komersil mempunyai efektifitas 55,9% untuk logam Cu, 70,4% untuk logam Pb, 68,7% untuk logam Fe dan 72,5% untuk logam Cd.

5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan aktivator lain dan bahan biomaterial lainnya dalam pembuatan arang aktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiatun, E. Wahyuni, S. dan Rachmawaty, A. 2004. *Perolehan kembali Cu dari Limbah Elektroplating dengan Menggunakan Reaktor Unggun Terfluidisasi*. jurnal INFOMATEK Volume 6 Nomor 1 Maret 2004. http://www.unpas.ac.id/pmb/home/images/articles/infomatek/Jurnal_VI_1-1.pdf. diakses pada tanggal 29 April 2008.
- Oscik, J, 1991, *Adsorbtion, Edition Cooper*, I.L., John Wiley and Sons, New York.
- Anonim . 2012. Timbal. [Online]. <http://id.wikipedia.org/wiki/timbal> [25 Juni 2012]
- _____. 2012. Kadmium. [Online]. <http://id.wikipedia.org/wiki/kadmium> [25 Juni 2012]
- _____. 2012. Tembaga. [Online]. <http://id.wikipedia.org/wiki/tembaga> [25 Juni 2012]
- _____. 2012. Besi. [Online]. <http://id.wikipedia.org/wiki/besi> [25 Juni 2012]
- Azwar, Azrul. (1990). *Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan* . Jakarta: PT. Bina Rupa Aksara.
- Basset, J., Denny, R.C., Jeffery, G.H dan Mendham, J. 1994. *Buku Ajaran Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Edisi keempat. Terjemahan Hadyana Pudjaatmaka. Jakarta: EGC
- Braun, R.D.1982. *Introduction To Chemical Analysis*. New York: Mc Graw – Hill Book Company
- Dainur, 1995. *Materi-materi Pokok Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Jakarta: Widya Medika.

- Darmono .1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- _____.2001. *Ungkungan Hidup dan Pencemaran*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Ditjen PPM dan PLP Depkes. 1989. *Petunjuk Pelaksanaan Pengawasan dan Pengendalian Dampak Sampah (Aspek Kesehatan Lingkungan)*: Jakarta
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fardiaz, S. 2006. *Mikrobiologi Pangan*. Jakarta: Universitas Terbuka
- Husni, H. dan Cut M. R. 2008. *Preparasi dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batang Pisang Menggunakan gas nitrogen*. Banda Aceh: Universitas Syiah kuala Darussalam.
- Jankowska, H, Swatkowski, A. dan Choma, J. 1991. *Active Carbon*. NewYork: Ellis Horwood
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Penerjemah Saptorahardjo. A. dan Nuhadi, A.. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press): Jakarta.
- Kusuma, S. P. dan Utomo. 1970. *Pembuatan Karbon Aktif*. Laporan Penelitian Tidak Diterbitkan. Bandung: Lembaga Kimia Nasional LIPI.
- Maramis, A. 2008. *Pengelolaan Sampah dan Turunannya di TPA*. Alumni Program Pasca Sarjana Magister Biologi Terapan.Salatiga: Universitas Satyawacana
- Mulja, M., Suharman. 1997. *Validasi Metode Analisa Instrumental*. Airlangga University Press: Surabaya
- Saeni, M.S. 1997. *Penentuan Tingkat Pencemaran Logam Berat dengan Analisis Rambut*. Orasi Ilmiah. Guru Besar Tetap Ilmu Kimia Lingkungan. Fakultas Matematika dan IPA IPB.: Bogor

- Sembiring, T., Meilita dan Sinaga, S., Tuti, 2003, *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). Laporan Penelitian*. Fakultas Teknik Industri. Universitas Sumatra Utara: Sumatra Utara.
- Subowo, Mulyadi, S. Widodo, dan Asep Nugraha. 1999. *Sattus dan Penyebaran Pb, Cd, dan Pestisida pada Lahan Sawah Intensifikasi di Pinggir Jalan Raya. Prosiding*. Bidang Kimia dan Bioteknologi Tanah. Puslittanak: Bogor.
- Sudjana. 1996. *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Suriawira, O. 2003. *Mikrobiologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. Cetakan ke 3. PT. Alumni: Bandung.
- Vouk V. 1986. *General Chemistry of Metals*. In: Freiberg L. Nordberg G.F. and Vouk V.B (Eds). *Handbook on the Toxicology of Metals*. Elsevier: New York.
- Widowati, Sastino, dan R, Jusuf. 2008. *Efek Toksik Logam*. Yogyakarta: Penerbit ANDI

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Kadar Air dan Kadar Abu dari Arang Aktif

A. Perhitungan Kadar Air Arang Aktif

Rumus mencari kadar air arang aktif:

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{berat arang aktif awal} - \text{berat arang aktif setelah pemanasan}}{\text{Berat arang aktif awal}} \times 100\%$$

a. Kadar Air Arang Aktif Sekam Padi

- Perhitungan Pertama

$$\text{Berat arang aktif awal} = 1,1243 \text{ gram}$$

$$\text{Berat arang aktif setelah pemanasan} = 1,0172 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{1,1243 - 1,0172}{1,1243} \times 100\% = \frac{0,1071}{1,1243} \times 100\% = 9,53\%$$

- Perhitungan Kedua

$$\text{Berat arang aktif awal} = 1,1196 \text{ gram}$$

$$\text{Berat arang aktif setelah pemanasan} = 1,0152 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{1,1196 - 1,0152}{1,1196} \times 100\% = \frac{0,1044}{1,1196} \times 100\% = 9,32\%$$

- Perhitungan Ketiga

$$\text{Berat arang aktif awal} = 1,1256 \text{ gram}$$

$$\text{Berat arang aktif setelah pemanasan} = 1,0194 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{1,1256 - 1,0194}{1,1256} \times 100\% = \frac{0,1062}{1,1256} \times 100\% = 9,43\%$$

- Rata - Rata

$$\text{Rata-Rata Kadar Air} = \frac{9,53\% + 9,32\% + 9,43\%}{3} = \mathbf{9,43\%}$$

b. Kadar Air Arang Aktif Tempurung Kelapa

- Perhitungan Pertama

$$\text{Berat arang aktif awal} = 1,0956 \text{ gram}$$

$$\text{Berat arang aktif setelah pemanasan} = 1,0127 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{1,0956 - 1,0127}{1,0956} \times 100\% = \frac{0,0829}{1,0956} \times 100\% = 7,57\%$$

- Perhitungan Kedua

$$\text{Berat arang aktif awal} = 1,5042 \text{ gram}$$

$$\text{Berat arang aktif setelah pemanasan} = 1,4870 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{1,5042 - 1,4870}{1,5042} \times 100\% = \frac{0,0172}{1,5042} \times 100\% = 7,21\%$$

- Perhitungan Ketiga

$$\text{Berat arang aktif awal} = 1,1103 \text{ gram}$$

$$\text{Berat arang aktif setelah pemanasan} = 1,0308 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{1,1103 - 1,0308}{1,1103} \times 100\% = \frac{0,0795}{1,1103} \times 100\% = 7,16\%$$

- Rata - Rata

$$\text{Rata-Rata Kadar Air} = \frac{7,57\% + 7,21\% + 7,16\%}{3} = 7,31\%$$

c. Kadar Air Arang Aktif Komersil

- Perhitungan Pertama

$$\text{Berat arang aktif awal} = 1,1167 \text{ gram}$$

$$\text{Berat arang aktif setelah pemanasan} = 1,0551 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{1,1167 - 1,0551}{1,1167} \times 100\% = \frac{0,0616}{1,1167} \times 100\% = 5,52\%$$

- Perhitungan Kedua

$$\text{Berat arang aktif awal} = 1,0868 \text{ gram}$$

Berat arang aktif setelah pemanasan = 1,0219 gram

$$\text{Kadar Air} = \frac{1,0868 - 1,0219}{1,0868} \times 100\% = \frac{0,0649}{1,0868} \times 100\% = 5,97\%$$

- Perhitungan Ketiga

Berat arang aktif awal = 1,1038 gram

Berat arang aktif setelah pemanasan = 1,0395 gram

$$\text{Kadar Air} = \frac{1,1038 - 1,0395}{1,1038} \times 100\% = \frac{0,0643}{1,1038} \times 100\% = 5,83\%$$

- Rata - Rata

$$\text{Rata-Rata Kadar Air} = \frac{5,52\% + 5,97\% + 5,83\%}{3} = 5,77\%$$

B. Perhitungan Kadar Abu Arang Aktif

Rumus mencari kadar abu arang aktif:

$$\text{Kadar Abu} = \frac{\text{berat arang aktif awal} - \text{berat arang aktif setelah pengabuan}}{\text{Berat arang aktif awal}} \times 100\%$$

- a. Kadar Abu Arang Aktif Sekam Padi

- Perhitungan Pertama

Berat arang aktif awal = 1,0136 gram

Berat arang aktif setelah pengabuan = 0,9403 gram

$$\text{Kadar Abu} = \frac{1,0136 - 0,9403}{1,0136} \times 100\% = \frac{0,0733}{1,0136} \times 100\% = 7,23\%$$

- Perhitungan Kedua

Berat arang aktif awal = 1,0084 gram

Berat arang aktif setelah pengabuan = 0,9361 gram

$$\text{Kadar Abu} = \frac{1,0084 - 0,9361}{1,0084} \times 100\% = \frac{0,0723}{1,0084} \times 100\% = 7,17\%$$

- Perhitungan Ketiga

$$\text{Berat arang aktif awal} = 1,0105 \text{ gram}$$

$$\text{Berat arang aktif setelah pengabuan} = 0,9329 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Abu} = \frac{1,0105 - 0,9329}{1,0105} \times 100\% = \frac{0,0776}{1,0105} \times 100\% = 7,68\%$$

- Rata - Rata

$$\text{Rata-Rata Kadar Abu} = \frac{7,23\% + 7,17\% + 7,68\%}{3} = 7,36\%$$

b. Kadar Abu Arang Aktif Tempurung Kelapa

- Perhitungan Pertama

$$\text{Berat arang aktif awal} = 1,0102 \text{ gram}$$

$$\text{Berat arang aktif setelah pengabuan} = 0,9481 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Abu} = \frac{1,0102 - 0,9481}{1,0102} \times 100\% = \frac{0,0621}{1,0102} \times 100\% = 6,15\%$$

- Perhitungan Kedua

$$\text{Berat arang aktif awal} = 1,0204 \text{ gram}$$

$$\text{Berat arang aktif setelah pengabuan} = 0,9495 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Abu} = \frac{1,0204 - 0,9495}{1,0204} \times 100\% = \frac{0,0709}{1,0204} \times 100\% = 6,95\%$$

- Perhitungan Ketiga

$$\text{Berat arang aktif awal} = 1,0204 \text{ gram}$$

$$\text{Berat arang aktif setelah pengabuan} = 0,9495 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Abu} = \frac{1,0249 - 0,9607}{1,0249} \times 100\% = \frac{0,0642}{1,0249} \times 100\% = 6,26\%$$

- Rata - Rata

$$\text{Rata-Rata Kadar Abu} = \frac{6,15\% + 6,95\% + 6,26\%}{3} = 6,45\%$$

c. Kadar Abu Arang Aktif Komersil

- Perhitungan Pertama

$$\text{Berat arang aktif awal} = 1,0432 \text{ gram}$$

$$\text{Berat arang aktif setelah pengabuan} = 0,9954 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Abu} = \frac{1,0432 - 0,9954}{1,0432} \times 100\% = \frac{0,0478}{1,0432} \times 100\% = 4,58\%$$

- Perhitungan Kedua

$$\text{Berat arang aktif awal} = 1,0135 \text{ gram}$$

$$\text{Berat arang aktif setelah pengabuan} = 0,9692 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Abu} = \frac{1,0135 - 0,9692}{1,0135} \times 100\% = \frac{0,0443}{1,0135} \times 100\% = 4,37\%$$

- Perhitungan Ketiga

$$\text{Berat arang aktif awal} = 1,0286 \text{ gram}$$

$$\text{Berat arang aktif setelah pengabuan} = 0,9785 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar Abu} = \frac{1,0286 - 0,9785}{1,0286} \times 100\% = \frac{0,0501}{1,0286} \times 100\% = 4,87\%$$

- Rata - Rata

$$\text{Rata-Rata Kadar Abu} = \frac{4,58\% + 4,58\% + 4,87\%}{3} = 4,61\%$$

Lampiran 2 Perhitungan Konsentrasi Logam setelah Perendaman

Rumus mencari Konsentrasi:

$$Y = bX + a$$

$$X = \frac{Y - a}{b}$$

Keterangan:

Y : Absorban

b : Kemiringan (slope)

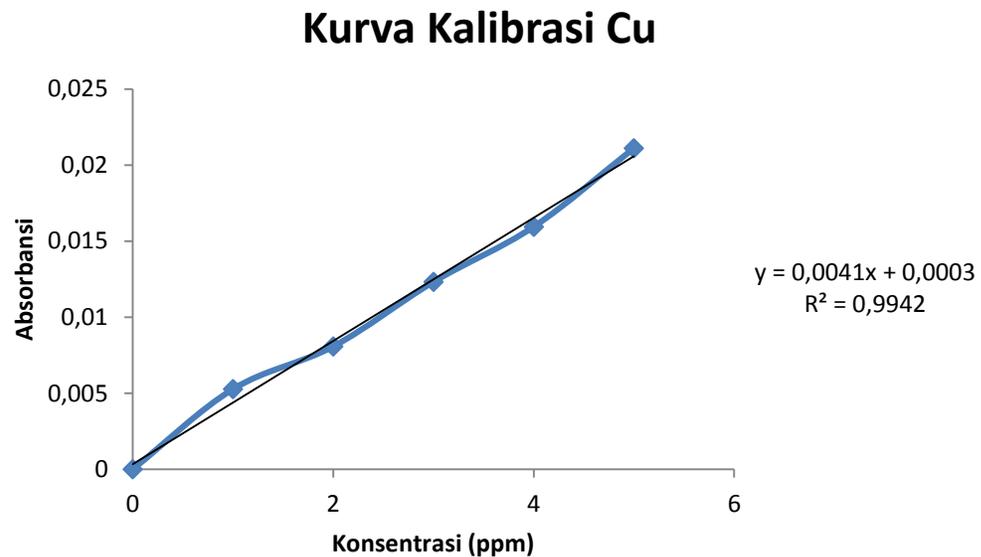
X : Konsentrasi

a : Intersep

A. Logam Cu

a. Penentuan Kurva Kalibrasi

| | | | | | | |
|-------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| Konsentrasi | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Absorbansi | 0 | 0,005265 | 0,008068 | 0,012317 | 0,015938 | 0,021103 |



b. Tabel Hasil Pengukuran

| JENIS PENGUKURAN | PENGULANGAN KE | | | Rata – Rata Y |
|-------------------------------------|----------------|-------|-------|------------------|
| | I | II | III | |
| Sebelum Perendaman | 0,012 | 0,01 | 0,012 | 0,011 |
| Arang Aktif Sekam Padi | | | | |
| 30 menit | 0,011 | 0,011 | 0,01 | 0,011 |
| 60 menit | 0,009 | 0,009 | 0,007 | 0,008 |
| 90 menit | 0,007 | 0,006 | 0,008 | 0,007 |
| 120 menit | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,006 |
| 150 menit | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,006 |
| Arang Aktif Tempurung Kelapa | | | | |
| 30 menit | 0,01 | 0,01 | 0,009 | 0,010 |
| 60 menit | 0,009 | 0,008 | 0,009 | 0,009 |
| 90 menit | 0,008 | 0,008 | 0,007 | 0,008 |
| 120 menit | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 |
| 150 menit | 0,007 | 0,007 | 0,006 | 0,007 |
| Arang Aktif Komersil | | | | |
| 30 menit | 0,007 | 0,009 | 0,008 | 0,008 |
| 60 menit | 0,007 | 0,007 | 0,006 | 0,007 |
| 90 menit | 0,007 | 0,007 | 0,005 | 0,006 |
| 120 menit | 0,005 | 0,006 | 0,005 | 0,005 |
| 150 menit | 0,005 | 0,005 | 0,004 | 0,005 |

c. Perhitungan Konsentrasi Logam Cu

$$Y = 0,0041X + 0,0003$$

$$X = \frac{Y - 0,0003}{0,0041}$$

- **Konsentrasi Logam Cu pada Air Lindi sebelum perendaman**

$$X = \frac{0,011 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0107}{0,0041} = 2,610 = 2,61$$

- **Konsentrasi Logam Cu pada Air Lindi setelah perendaman dengan Arang Aktif Sekam Padi**

- Perendaman 30 menit

$$X = \frac{0,011 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0107}{0,0041} = 2,610 = 2,61$$

- Perendaman 60 menit

$$X = \frac{0,008 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0077}{0,0041} = 1,878 = 1,88$$

- Perendaman 90 menit

$$X = \frac{0,007 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0067}{0,0041} = 1,634 = 1,63$$

- Perendaman 120 menit

$$X = \frac{0,006 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0057}{0,0041} = 1,390 = 1,39$$

- Perendaman 150 menit

$$X = \frac{0,006 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0057}{0,0041} = 1,390 = 1,39$$

- **Konsentrasi Logam Cu pada Air Lindi setelah perendaman dengan Arang Aktif Tempurung Kelapa**

- Perendaman 30 menit

$$X = \frac{0,010 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0097}{0,0041} = 2,366 = 2,37$$

- Perendaman 60 menit

$$X = \frac{0,009 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0087}{0,0041} = 2,122 = 2,12$$

- Perendaman 90 menit

$$X = \frac{0,008 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0077}{0,0041} = 1,878 = 1,88$$

- Perendaman 120 menit

$$X = \frac{0,007 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0067}{0,0041} = 1,634 = 1,63$$

- Perendaman 150 menit

$$X = \frac{0,007 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0067}{0,0041} = 1,634 = 1,63$$

- **Konsentrasi Logam Cu pada Air Lindi setelah perendaman dengan Arang Aktif Komersil**

- Perendaman 30 menit

$$X = \frac{0,008 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0077}{0,0041} = 1,878 = 1,88$$

- Perendaman 60 menit

$$X = \frac{0,007 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0067}{0,0041} = 1,634 = 1,63$$

- Perendaman 90 menit

$$X = \frac{0,006 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0057}{0,0041} = 1,390 = 1,39$$

- Perendaman 120 menit

$$X = \frac{0,005 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0047}{0,0041} = 1,146 = 1,15$$

- Perendaman 150 menit

$$X = \frac{0,005 - 0,0003}{0,0041} = \frac{0,0047}{0,0041} = 1,146 = 1,15$$

d. Tabel Hasil Pengukuran Konsentrasi Logam Cu

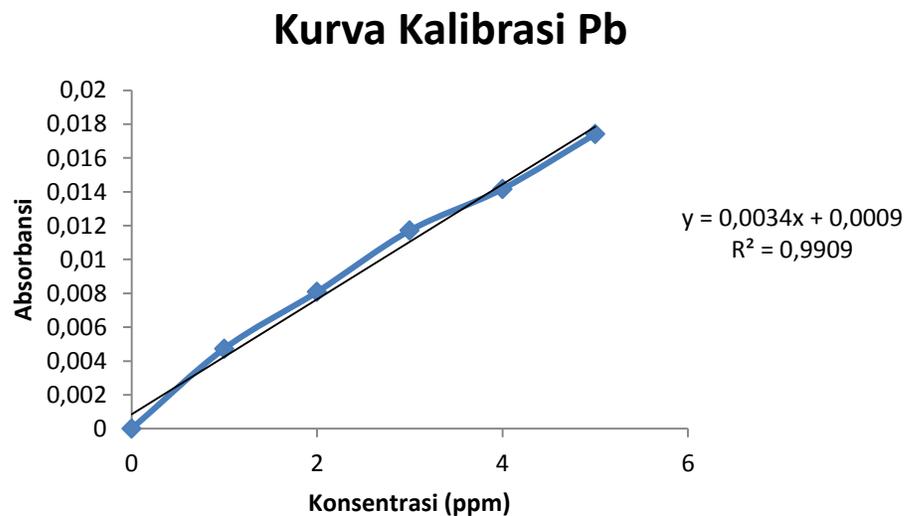
| Waktu Perendaman dengan Arang Aktif | Konsentrasi setelah perendaman dengan Arang Aktif | | |
|--|---|--------------------------|-------------------------|
| | Arang Aktif Sekam | Arang Aktif Tempurung | Arang Aktif Komersil |
| sebelum perendaman | 2,61 | 2,61 | 2,61 |
| 30 menit | 2,61 | 2,37 | 1,88 |
| 60 menit | 1,88 | 2,12 | 1,63 |

| Waktu Perendaman dengan Arang Aktif | Konsentrasi setelah perendaman dengan Arang Aktif | | |
|--|---|-----------------------|----------------------|
| | Arang Aktif Sekam | Arang Aktif Tempurung | Arang Aktif Komersil |
| 90 menit | 1,63 | 1,88 | 1,39 |
| 120 menit | 1,39 | 1,63 | 1,15 |
| 150 menit | 1,39 | 1,63 | 1,15 |

B. Logam Pb

a. Penentuan Kurva Kalibrasi

| | | | | | | |
|-------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| Konsentrasi | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Absorbansi | 0 | 0,004735 | 0,008082 | 0,011712 | 0,014171 | 0,017412 |



b. Tabel Hasil Pengukuran

| JENIS PENGUKURAN | PENGULANGAN KE | | | Rata – Rata Y |
|-------------------------------|----------------|-------|-------|---------------|
| | I | II | III | |
| Sebelum Perendaman | 0,008 | 0,007 | 0,008 | 0,008 |
| Arang Aktif Sekam Padi | | | | |
| 30 menit | 0,007 | 0,007 | 0,006 | 0,007 |
| 60 menit | 0,006 | 0,007 | 0,006 | 0,006 |
| 90 menit | 0,006 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |

| JENIS PENGUKURAN | PENGULANGAN KE | | | Rata – Rata Y |
|-------------------------------------|----------------|-------|-------|------------------|
| | I | II | III | |
| 120 menit | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,004 |
| 150 menit | 0,004 | 0,003 | 0,005 | 0,004 |
| Arang Aktif Tempurung Kelapa | | | | |
| 30 menit | 0,006 | 0,008 | 0,005 | 0,006 |
| 60 menit | 0,005 | 0,005 | 0,006 | 0,005 |
| 90 menit | 0,005 | 0,004 | 0,003 | 0,004 |
| 120 menit | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 |
| 150 menit | 0,004 | 0,003 | 0,004 | 0,004 |
| Arang Aktif Komersil | | | | |
| 30 menit | 0,006 | 0,006 | 0,005 | 0,006 |
| 60 menit | 0,005 | 0,005 | 0,006 | 0,005 |
| 90 menit | 0,004 | 0,005 | 0,003 | 0,004 |
| 120 menit | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,003 |
| 150 menit | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 |

c. Perhitungan Konsentrasi Logam Pb

$$Y = 0,0034x + 0,0009$$

$$X = \frac{Y - 0,0009}{0,0034}$$

- **Konsentrasi Logam Pb pada Air Lindi sebelum perendaman**

$$X = \frac{0,008 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0071}{0,0034} = 2,088 = 2,09$$

- **Konsentrasi Logam Pb pada Air Lindi setelah perendaman dengan Arang Aktif Sekam Padi**

- Perendaman 30 menit

$$X = \frac{0,007 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0061}{0,0034} = 1,794 = 1,79$$

- Perendaman 60 menit

$$X = \frac{0,006 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0051}{0,0034} = 1,500 = 1,50$$

- Perendaman 90 menit

$$X = \frac{0,005 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0041}{0,0034} = 1,206 = 1,21$$

- Perendaman 120 menit

$$X = \frac{0,004 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0031}{0,0034} = 0,912$$

- Perendaman 150 menit

$$X = \frac{0,004 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0031}{0,0034} = 0,912$$

- **Konsentrasi Logam Pb pada Air Lindi setelah perendaman dengan Arang Aktif Tempurung Kelapa**

- Perendaman 30 menit

$$X = \frac{0,006 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0051}{0,0034} = 1,500 = 1,50$$

- Perendaman 60 menit

$$X = \frac{0,005 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0041}{0,0034} = 1,206 = 1,21$$

- Perendaman 90 menit

$$X = \frac{0,004 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0031}{0,0034} = 0,912$$

- Perendaman 120 menit

$$X = \frac{0,004 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0031}{0,0034} = 0,912$$

- Perendaman 150 menit

$$X = \frac{0,004 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0031}{0,0034} = 0,912$$

- **Konsentrasi Logam Pb pada Air Lindi setelah perendaman dengan Arang Aktif Komersil**

- Perendaman 30 menit

$$X = \frac{0,006 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0051}{0,0034} = 1,500 = 1,50$$

- Perendaman 60 menit

$$X = \frac{0,005 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0041}{0,0034} = 1,206 = 1,21$$

- Perendaman 90 menit

$$X = \frac{0,004 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0031}{0,0034} = 0,912$$

- Perendaman 120 menit

$$X = \frac{0,003 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0021}{0,0034} = 0,618$$

- Perendaman 150 menit

$$X = \frac{0,003 - 0,0009}{0,0034} = \frac{0,0021}{0,0034} = 0,618$$

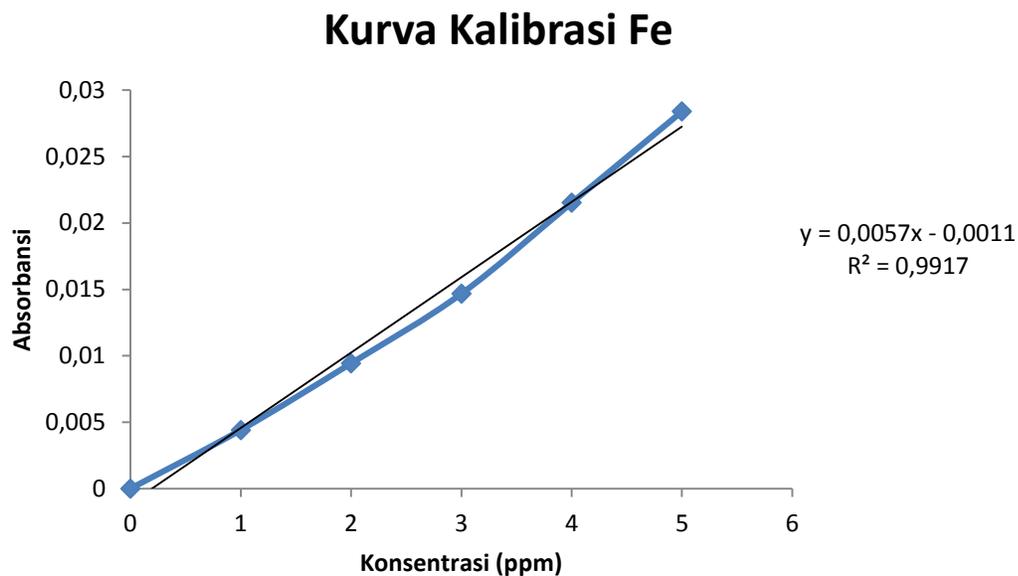
d. Tabel Hasil Pengukuran Konsentrasi Logam Pb

| Waktu Perendaman dengan Arang Aktif | Konsentrasi setelah perendaman dengan Arang Aktif | | |
|--|---|--------------------------|-------------------------|
| | Arang Aktif Sekam | Arang Aktif Tempurung | Arang Aktif Komersil |
| sebelum perendaman | 2,09 | 2,09 | 2,09 |
| 30 menit | 1,79 | 1,50 | 1,50 |
| 60 menit | 1,50 | 1,21 | 1,21 |
| 90 menit | 1,21 | 0,912 | 0,912 |
| 120 menit | 0,912 | 0,912 | 0,618 |
| 150 menit | 0,912 | 0,912 | 0,618 |

C. Logam Fe

a. Penentuan Kurva Kalibrasi

| | | | | | | |
|-------------|---|----------|----------|---------|----------|----------|
| Konsentrasi | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Absorbansi | 0 | 0,004414 | 0,009428 | 0,01467 | 0,021516 | 0,028386 |



b. Tabel Hasil Pengukuran

| JENIS PENGUKURAN | PENGULANGAN KE | | | Rata – Rata Y |
|-------------------------------------|----------------|-------|-------|------------------|
| | I | II | III | |
| Sebelum Perendaman | 0,013 | 0,012 | 0,012 | 0,012 |
| Arang Aktif Sekam Padi | | | | |
| 30 menit | 0,009 | 0,009 | 0,01 | 0,009 |
| 60 menit | 0,009 | 0,008 | 0,008 | 0,008 |
| 90 menit | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 |
| 120 menit | 0,006 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| 150 menit | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| Arang Aktif Tempurung Kelapa | | | | |
| 30 menit | 0,007 | 0,007 | 0,006 | 0,007 |
| 60 menit | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,006 |
| 90 menit | 0,005 | 0,006 | 0,004 | 0,005 |

| JENIS PENGUKURAN | PENGULANGAN KE | | | Rata – Rata Y |
|-----------------------------|----------------|-------|-------|------------------|
| | I | II | III | |
| 120 menit | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,004 |
| 150 menit | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 |
| Arang Aktif Komersil | | | | |
| 30 menit | 0,008 | 0,007 | 0,007 | 0,007 |
| 60 menit | 0,006 | 0,005 | 0,006 | 0,006 |
| 90 menit | 0,004 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| 120 menit | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,003 |
| 150 menit | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 |

c. Perhitungan Konsentrasi Logam Fe

$$Y = 0,0057x - 0,0011$$

$$X = \frac{Y + 0,0011}{0,0057}$$

- **Konsentrasi Logam Fe pada Air Lindi sebelum perendaman**

$$X = \frac{0,012 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,0131}{0,0057} = 2,298 = 2,30$$

- **Konsentrasi Logam Fe pada Air Lindi setelah perendaman dengan Arang Aktif Sekam Padi**

- Perendaman 30 menit

$$X = \frac{0,009 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,0101}{0,0057} = 1,772 = 1,77$$

- Perendaman 60 menit

$$X = \frac{0,008 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,0091}{0,0057} = 1,596 = 1,60$$

- Perendaman 90 menit

$$X = \frac{0,007 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,0081}{0,0057} = 1,421 = 1,42$$

- Perendaman 120 menit

$$X = \frac{0,005 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,0061}{0,0057} = 1,070 = 1,07$$

- Perendaman 150 menit

$$X = \frac{0,005 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,061}{0,0057} = 1,070 = 1,07$$

- **Konsentrasi Logam Fe pada Air Lindi setelah perendaman dengan Arang Aktif Tempurung Kelapa**

- Perendaman 30 menit

$$X = \frac{0,007 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,081}{0,0057} = 1,421 = 1,42$$

- Perendaman 60 menit

$$X = \frac{0,006 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,071}{0,0057} = 1,246 = 1,25$$

- Perendaman 90 menit

$$X = \frac{0,005 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,061}{0,0057} = 1,070 = 1,07$$

- Perendaman 120 menit

$$X = \frac{0,004 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,051}{0,0057} = 0,895$$

- Perendaman 150 menit

$$X = \frac{0,004 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,051}{0,0057} = 0,895$$

- **Konsentrasi Logam Fe pada Air Lindi setelah perendaman dengan Arang Aktif Komersil**

- Perendaman 30 menit

$$X = \frac{0,007 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,081}{0,0057} = 1,421 = 1,42$$

- Perendaman 60 menit

$$X = \frac{0,006 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,071}{0,0057} = 1,246 = 1,25$$

- Perendaman 90 menit

$$X = \frac{0,005 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,061}{0,0057} = \mathbf{1,070 = 1,07}$$

- Perendaman 120 menit

$$X = \frac{0,003 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,041}{0,0057} = \mathbf{0,719}$$

- Perendaman 150 menit

$$X = \frac{0,003 + 0,0011}{0,0057} = \frac{0,041}{0,0057} = \mathbf{0,719}$$

d. Tabel Hasil Pengukuran Konsentrasi Logam Fe

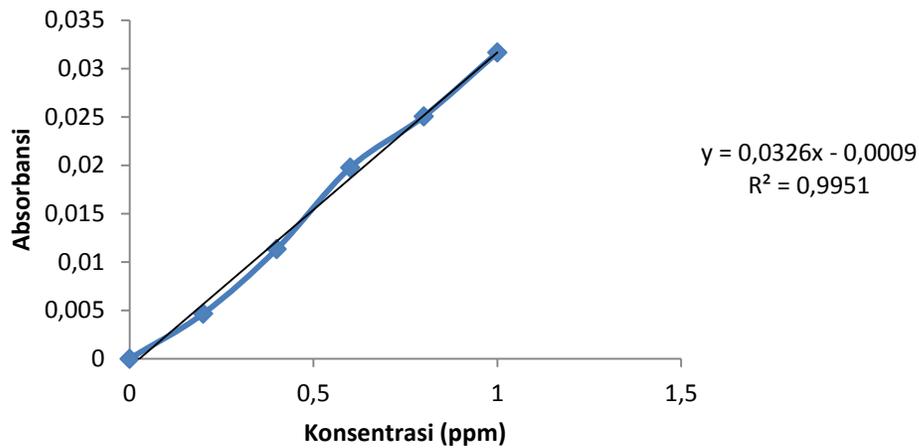
| Waktu Perendaman dengan Arang Aktif | Konsentrasi setelah perendaman dengan Arang Aktif | | |
|--|---|-----------------------|----------------------|
| | Arang Aktif Sekam | Arang Aktif Tempurung | Arang Aktif Komersil |
| sebelum perendaman | 2,30 | 2,30 | 2,30 |
| 30 menit | 1,77 | 1,42 | 1,42 |
| 60 menit | 1,60 | 1,25 | 1,25 |
| 90 menit | 1,42 | 1,07 | 1,07 |
| 120 menit | 1,07 | 0,895 | 0,719 |
| 150 menit | 1,07 | 0,895 | 0,719 |

D. Logam Cd

a. Penentuan Kurva Kalibrasi

| | | | | | | |
|-------------|---|----------|----------|----------|----------|---------|
| Konsentrasi | 0 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1 |
| Absorbansi | 0 | 0,004647 | 0,011326 | 0,019757 | 0,025046 | 0,03165 |

Kurva Kalibrasi Cd



b. Tabel Hasil Pengukuran

| JENIS PENGUKURAN | PENGULANGAN KE | | | Rata – Rata Y |
|-------------------------------------|----------------|-------|-------|------------------|
| | I | II | III | |
| Sebelum Perendaman | 0,006 | 0,005 | 0,006 | 0,006 |
| Arang Aktif Sekam Padi | | | | |
| 30 menit | 0,005 | 0,005 | 0,006 | 0,005 |
| 60 menit | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,004 |
| 90 menit | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,003 |
| 120 menit | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 150 menit | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| Arang Aktif Tempurung Kelapa | | | | |
| 30 menit | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 |
| 60 menit | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,003 |
| 90 menit | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 |
| 120 menit | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,001 |
| 150 menit | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| Arang Aktif Komersil | | | | |
| 30 menit | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,003 |
| 60 menit | 0,002 | 0,001 | 0,002 | 0,002 |
| 90 menit | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,001 |
| 120 menit | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 150 menit | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |

c. Perhitungan Konsentrasi Logam Cd

$$Y = 0,0326x - 0,0009$$

$$X = \frac{Y + 0,0009}{0,0326}$$

- **Konsentrasi Logam Cd pada Air Lindi sebelum perendaman**

$$X = \frac{0,006 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0069}{0,0326} = \mathbf{0,212}$$

- **Konsentrasi Logam Cd pada Air Lindi setelah perendaman dengan Arang Aktif Sekam Padi**

- Perendaman 30 menit

$$X = \frac{0,005 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0059}{0,0326} = \mathbf{0,181}$$

- Perendaman 60 menit

$$X = \frac{0,004 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0049}{0,0326} = \mathbf{0,150}$$

- Perendaman 90 menit

$$X = \frac{0,003 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0039}{0,0326} = \mathbf{0,120}$$

- Perendaman 120 menit

$$X = \frac{0,002 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0029}{0,0326} = \mathbf{0,0895}$$

- Perendaman 150 menit

$$X = \frac{0,002 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0029}{0,0326} = \mathbf{0,0895}$$

- **Konsentrasi Logam Cd pada Air Lindi setelah perendaman dengan Arang Aktif Tempurung Kelapa**

- Perendaman 30 menit

$$X = \frac{0,004 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0049}{0,0326} = \mathbf{0,150}$$

- Perendaman 60 menit

$$X = \frac{0,003 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0039}{0,0326} = \mathbf{0,120}$$

- Perendaman 90 menit

$$X = \frac{0,002 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0029}{0,0326} = \mathbf{0,0895}$$

- Perendaman 120 menit

$$X = \frac{0,001 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0019}{0,0326} = \mathbf{0,058 = 0,0583}$$

- Perendaman 150 menit

$$X = \frac{0,001 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0019}{0,0326} = \mathbf{0,058 = 0,0583}$$

- **Konsentrasi Logam Cd pada Air Lindi setelah perendaman dengan Arang Aktif Komersil**

- Perendaman 30 menit

$$X = \frac{0,003 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0039}{0,0326} = \mathbf{0,120}$$

- Perendaman 60 menit

$$X = \frac{0,002 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0029}{0,0326} = \mathbf{0,089 = 0,0895}$$

- Perendaman 90 menit

$$X = \frac{0,001 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0019}{0,0326} = \mathbf{0,058 = 0,0583}$$

- Perendaman 120 menit

$$X = \frac{0,001 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0019}{0,0326} = \mathbf{0,058 = 0,0583}$$

- Perendaman 150 menit

$$X = \frac{0,001 + 0,0009}{0,0326} = \frac{0,0019}{0,0326} = \mathbf{0,058 = 0,0583}$$

d. Tabel Hasil Pengukuran Konsentrasi Logam Cd

| Waktu Perendaman dengan Arang Aktif | Konsentrasi setelah perendaman dengan Arang Aktif | | |
|--|--|----------------------------------|---------------------------------|
| | Arang Aktif Sekam | Arang Aktif Tempurung | Arang Aktif Komersil |
| sebelum perendaman | 0,212 | 0,212 | 0,212 |
| 30 menit | 0,181 | 0,150 | 0,120 |
| 60 menit | 0,150 | 0,120 | 0,0895 |
| 90 menit | 0,120 | 0,0895 | 0,0583 |
| 120 menit | 0,0895 | 0,0583 | 0,0583 |
| 150 menit | 0,0895 | 0,0583 | 0,0583 |

Lampiran 3 Perhitungan Efektivitas Arang Aktif

Rumus mencari efektivitas arang aktif

$$\text{Efektivitas} = \frac{\text{Konsentrasi sebelum perendaman} - \text{Konsentrasi setelah perendaman}}{\text{Konsentrasi sebelum perendaman}} \times 100\%$$

A. Logam Cu

a. Arang Aktif Sekam Padi

- Perendaman 30 menit

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,61 - 2,61}{2,61} \times 100\% = 0,00\%$$

- Perendaman 60 menit

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,61 - 1,88}{2,61} \times 100\% = 27,9\%$$

- Perendaman 90 menit

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,61 - 1,63}{2,61} \times 100\% = 37,5\%$$

- Perendaman 120 menit

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,61 - 1,39}{2,61} \times 100\% = 46,7\%$$

- Perendaman 150 menit

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,61 - 1,39}{2,61} \times 100\% = 46,7\%$$

b. Arang Aktif Tempurung Kelapa

- Perendaman 30 menit

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,61 - 2,37}{2,61} \times 100\% = 9,20\%$$

- Perendaman 60 menit

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,61 - 2,12}{2,61} \times 100\% = 18,8\%$$

- **Perendaman 90 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,61 - 1,88}{2,61} \times 100\% = 27,9\%$$

- **Perendaman 120 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,61 - 1,63}{2,61} \times 100\% = 37,5\%$$

- **Perendaman 150 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,61 - 1,63}{2,61} \times 100\% = 37,5\%$$

c. **Arang Aktif Komersil**

- **Perendaman 30 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,61 - 1,88}{2,61} \times 100\% = 27,9\%$$

- **Perendaman 60 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,61 - 1,63}{2,61} \times 100\% = 37,5\%$$

- **Perendaman 90 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,61 - 1,39}{2,61} \times 100\% = 46,7\%$$

- **Perendaman 120 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,61 - 1,15}{2,61} \times 100\% = 55,9\%$$

- **Perendaman 150 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,61 - 1,15}{2,61} \times 100\% = 55,9\%$$

| Konsentrasi setelah perendaman dengan Arang Aktif | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|
| Waktu Perendaman | Arang Aktif Sekam | Efektivitas | Arang Aktif Tempurung | Efektivitas | Arang Aktif Komersil | Efektivitas |
| sebelum perendaman | 2.61 | - | 2.61 | - | 2.61 | - |
| 30 menit | 2.61 | 0.0% | 2.37 | 9.20% | 1.88 | 27.9% |
| 60 menit | 1.88 | 27.9% | 2.12 | 18.8% | 1.63 | 37.5% |
| 90 menit | 1.63 | 37.5% | 1.88 | 27.9% | 1.39 | 46.7% |
| 120 menit | 1.39 | 46.7% | 1.63 | 37.5% | 1.15 | 55.9% |
| 150 menit | 1.39 | 46.7% | 1.63 | 37.5% | 1.15 | 55.9% |

B. Logam Pb

a. Arang Aktif Sekam Padi

- **Perendaman 30 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,09 - 1,79}{2,09} \times 100\% = 14,4\%$$

- **Perendaman 60 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,09 - 1,50}{2,09} \times 100\% = 28,2\%$$

- **Perendaman 90 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,09 - 1,21}{2,09} \times 100\% = 42,1\%$$

- **Perendaman 120 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,09 - 0,912}{2,09} \times 100\% = 56,4\%$$

- **Perendaman 150 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,09 - 0,912}{2,09} \times 100\% = 56,4\%$$

b. Arang Aktif Tempurung Kelapa

- **Perendaman 30 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,09 - 1,50}{2,09} \times 100\% = 28,2\%$$

- **Perendaman 60 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,09 - 1,21}{2,09} \times 100\% = 42,3\%$$

- **Perendaman 90 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,09 - 0,912}{2,09} \times 100\% = 56,3\%$$

- **Perendaman 120 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,09 - 0,912}{2,09} \times 100\% = 56,3\%$$

- **Perendaman 150 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,09 - 0,912}{2,09} \times 100\% = 56,3\%$$

c. Arang Aktif Komersil

- **Perendaman 30 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,09 - 1,50}{2,09} \times 100\% = 28,2\%$$

- **Perendaman 60 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,09 - 1,21}{2,09} \times 100\% = 42,3\%$$

- **Perendaman 90 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,09 - 0,912}{2,09} \times 100\% = 56,3\%$$

- **Perendaman 120 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,09 - 0,618}{2,09} \times 100\% = 70,4\%$$

- **Perendaman 150 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,09 - 0,618}{2,09} \times 100\% = 70,4\%$$

| Konsentrasi setelah perendaman dengan Arang Aktif | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|
| Waktu Perendaman | Arang Aktif Sekam | Efektivitas | Arang Aktif Tempurung | Efektivitas | Arang Aktif Komersil | Efektivitas |
| sebelum perendaman | 2.09 | - | 2.09 | - | 2.09 | - |
| 30 menit | 1.79 | 14.4% | 1.50 | 28.2% | 1.50 | 28.2% |
| 60 menit | 1.50 | 28.2% | 1.21 | 42.3% | 1.21 | 42.3% |
| 90 menit | 1.21 | 42.1% | 0.912 | 56.3% | 0.912 | 56.3% |
| 120 menit | 0.912 | 56.4% | 0.912 | 56.3% | 0.618 | 70.4% |
| 150 menit | 0.912 | 56.4% | 0.912 | 56.3% | 0.618 | 70.4% |

C. Logam Fe

a. Arang Aktif Sekam Padi

- **Perendaman 30 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,30 - 1,77}{2,30} \times 100\% = 23,0\%$$

- **Perendaman 60 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,30 - 1,60}{2,30} \times 100\% = 30,4\%$$

- **Perendaman 90 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,30 - 1,42}{2,30} \times 100\% = 38,3\%$$

- **Perendaman 120 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,30 - 1,07}{2,30} \times 100\% = 53,5\%$$

- **Perendaman 150 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,30 - 1,07}{2,30} \times 100\% = 53,5\%$$

b. Arang Aktif Tempurung Kelapa

- **Perendaman 30 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,30 - 1,42}{2,30} \times 100\% = 38,3\%$$

- **Perendaman 60 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,30 - 1,25}{2,30} \times 100\% = 45,7\%$$

- **Perendaman 90 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,30 - 1,07}{2,30} \times 100\% = 53,5\%$$

- **Perendaman 120 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,30 - 0,895}{2,30} \times 100\% = 68,7\%$$

- **Perendaman 150 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,30 - 0,895}{2,30} \times 100\% = 68,7\%$$

c. Arang Aktif Komersil

- **Perendaman 30 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,30 - 1,42}{2,30} \times 100\% = 38,3\%$$

- **Perendaman 60 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,30 - 1,25}{2,30} \times 100\% = 45,7\%$$

- **Perendaman 90 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,30 - 1,07}{2,30} \times 100\% = 53,5\%$$

- **Perendaman 120 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,30 - 0,719}{2,30} \times 100\% = 68,7\%$$

- **Perendaman 150 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{2,30 - 0,719}{2,30} \times 100\% = 68,7\%$$

| Konsentrasi setelah perendaman dengan Arang Aktif | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|
| Waktu Perendaman | Arang Aktif Sekam | Efektivitas | Arang Aktif Tempurung | Efektivitas | Arang Aktif Komersil | Efektivitas |
| sebelum perendaman | 2.30 | - | 2.30 | - | 2.30 | - |
| 30 menit | 1.77 | 23.0% | 1.42 | 38.3% | 1.42 | 38.3% |
| 60 menit | 1.60 | 30.4% | 1.25 | 45.7% | 1.25 | 45.7% |
| 90 menit | 1.42 | 38.3% | 1.07 | 53.5% | 1.07 | 53.5% |
| 120 menit | 1.07 | 53.5% | 0.895 | 61.1% | 0.719 | 68.7% |
| 150 menit | 1.07 | 53.5% | 0.895 | 61.1% | 0.719 | 68.7% |

D. Logam Cd

a. Arang Aktif Sekam Padi

- **Perendaman 30 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{0,212 - 0,181}{0,212} \times 100\% = 14,6\%$$

- **Perendaman 60 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{0,212 - 0,150}{0,212} \times 100\% = 29,2\%$$

- **Perendaman 90 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{0,212 - 0,120}{0,212} \times 100\% = 43,4\%$$

- **Perendaman 120 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{0,212 - 0,0895}{0,212} \times 100\% = 57,8\%$$

- **Perendaman 150 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{0,212 - 0,0895}{0,212} \times 100\% = 57,8\%$$

b. Arang Aktif Tempurung Kelapa

- **Perendaman 30 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{0,212 - 0,150}{0,212} \times 100\% = 29,2\%$$

- **Perendaman 60 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{0,212 - 0,120}{0,212} \times 100\% = 43,4\%$$

- **Perendaman 90 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{0,212 - 0,0895}{0,212} \times 100\% = 57,8\%$$

- **Perendaman 120 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{0,212 - 0,0583}{0,212} \times 100\% = 72,5\%$$

- **Perendaman 150 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{0,212 - 0,0583}{0,212} \times 100\% = 72,5\%$$

c. Arang Aktif Komersil

- **Perendaman 30 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{0,212 - 0,120}{0,212} \times 100\% = 43,4\%$$

- **Perendaman 60 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{0,212 - 0,0895}{0,212} \times 100\% = 57,8\%$$

- **Perendaman 90 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{0,212 - 0,0583}{0,212} \times 100\% = 72,5\%$$

- **Perendaman 120 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{0,212 - 0,0583}{0,212} \times 100\% = 72,5\%$$

- **Perendaman 150 menit**

$$\text{Efektivitas} = \frac{0,212 - 0,0583}{0,212} \times 100\% = 72,5\%$$

| Konsentrasi setelah perendaman dengan Arang Aktif | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|
| Waktu Perendaman | Arang Aktif Sekam | Efektivitas | Arang Aktif Tempurung | Efektivitas | Arang Aktif Komersil | Efektivitas |
| sebelum perendaman | 0.212 | - | 0.212 | - | 0.212 | - |
| 30 menit | 0.181 | 14.6% | 0.150 | 29.0% | 0.120 | 43.5% |
| 60 menit | 0.150 | 29.2% | 0.120 | 43.5% | 0.0890 | 58.0% |
| 90 menit | 0.120 | 43.4% | 0.0890 | 58.0% | 0.0583 | 72.5% |
| 120 menit | 0.0895 | 57.8% | 0.0583 | 72.5% | 0.0583 | 72.5% |
| 150 menit | 0.0895 | 57.8% | 0.0583 | 72.5% | 0.0583 | 72.5% |