

**PEMANFAATAN LIMBAH LUMPUR INDUSTRI CRUMB RUBBER SEBAGAI ADSORBEN  
ION Cr(VI) YANG DIAKTIVASI DENGAN H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



**RESTI HARIYANI  
12861-2009**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2013**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**  
**PEMANFAATAN LIMBAH LUMPUR INDUSTRI *CRUMB RUBBER***  
**SEBAGAI ADSORBEN ION Cr(VI) YANG**  
**DIAKTIVASI DENGAN  $H_3PO_4$**

Nama : Resti Hariyani

NIM : 12861

Program Studi : Kimia

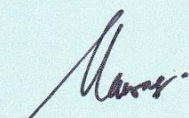
Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 25 Juli 2013

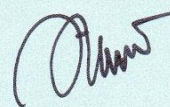
Disetujui Oleh

Pembimbing I,



Dr. Mawardi, M.Si.  
NIP. 1961 112319 989031 002

Pembimbing II,



Dra. Salmariza Sy, M.Si  
NIP. 1968 0319 1994032 001

## PENGESAHAN

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Program Studi Kimia Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

**Judul : Pemanfaatan Limbah Lumpur Industri *Crumb Rubber* sebagai Adsorben Ion Cr(VI) yang diaktivasi dengan  $H_3PO_4$**

Nama : Resti Hariyani

NIM : 12861

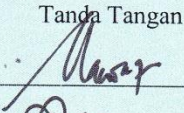
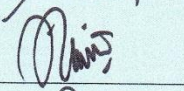
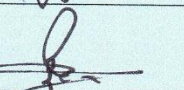
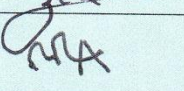
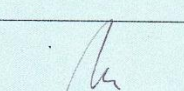
Program Studi : Kimia

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 25 Juli 2013

Tim Penguji

|               | Nama                      | Tanda Tangan                                                                            |
|---------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Ketua      | : Dr. Mawardi, M.Si       | 1.  |
| 2. Sekretaris | : Dra. Salmariza Sy, M.Si | 2.  |
| 3. Anggota    | : Drs. H. Nazulis Z, M.Si | 3.  |
| 4. Anggota    | : Dra. Andromeda, M.Si    | 4.  |
| 5. Anggota    | : Dr. Minda Azhar, M.Si   | 5.  |



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL RI  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
JURUSAN KIMIA

Jl. Prof. Dr. Hamka, Kampus Air Tawar Padang 25131 Telp. (0751) 7057420

---

**SURAT PERNYATAAN**

Sayayangbertandatangan di bawah ini:

Nama : Resti Hariyani  
NIM/TM : 12861/2009  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **Pemanfaatan Limbah Lumpur Industri *Crumb Rubber* sebagai Adsorben Ion Cr(VI) yang Diaktivasi dengan  $H_3PO_4$**  benar merupakan hasil karya saya. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan ilmiah yang lazim. Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum negara yang berlaku, baik di Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 25 Juli 2013

Yang menyatakan,

Resti Hariyani

## ABSTRAK

### **Resti Hariyani (2013): Pemanfaatan Lumpur Limbah Cair Industri Crumb Rubber Sebagai Adsorben Ion Cr(VI) yang diaktivasi $H_3PO_4$**

Pemanfaatan lumpur limbah cair dengan sistem pengolahan limbah menggunakan sistem lumpur aktif Industri *Crumb Rubber* PT.Teluk Luas Lubuk Begalung Padang untuk dijadikan karbon aktif yang diaktivasi dengan  $H_3PO_4$  sebagai adsorben ion Cr (VI) telah dilakukan. Pada penelitian dilakukan karakterisasi karbon aktif sesuai dengan SNI 06-3730-1995, meliputi penentuan daya serap terhadap iodin, kadar air, dan kadar karbon terikat. Selain itu dilakukan perlakuan penelitian dengan sistem batch untuk karbon aktif dan adsorben tanpa aktivasi, meliputi pH larutan, waktu kontak, dan konsentrasi awal larutan. Penentuan kapasitas serapan maksimum karbon aktif terhadap Cr(VI) menggunakan *Persamaan Isoterm Langmuir*. Hasil penelitian untuk karakterisasi karbon aktif, 48,26% untuk daya serap terhadap iodin, 0,14% untuk kadar air, dan 24,925% untuk kadar karbon terikat. Nilai ini sesuai dengan SNI 06-3730-1995, kecuali untuk kadar karbon terikat. Hasil penelitian dengan sistem batch dilakukan perbandingan karbon aktif dan adsorben tanpa aktivasi, didapat pH optimum 3, waktu kontak 60 menit, dan konsentrasi optimum 50 mg/L untuk karbon aktif dan pH optimum 2, waktu kontak 120 menit, dan konsentrasi optimum 50 mg/L untuk adsorben tanpa aktivasi. Dari hasil penelitian menunjukkan aktivator mempengaruhi daya serap terhadap Cr(VI). Penentuan kapasitas serapan maksimum karbon aktif berturut-turut 1,11 dan 1,99 mg/g untuk karbon aktif, dan 0,08 dan 1,16 mg/g untuk tanpa aktivasi.

**Kata kunci :** adsorpsi, lumpur aktif, crumb rubber, karbon aktif,  $H_3PO_4$ , Cr(VI), Adsorpsi Langmuir

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis dan shalawat serta salam teruntuk Rasulullah Shalallahu 'Alaihi Wasallam. Alhamdulillah penulis telah dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "***Pemanfaatan Limbah Lumpur Industri Crumb Rubber sebagai Adsorben Ion Cr(VI) yang Diaktivasi dengan  $H_3PO_4$*** ".

Penelitian dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Dr. Mawardi, M.Si. sebagai Pembimbing I
2. Ibu Dra.Salmariza Sy,M.Si sebagai Pembimbing II
3. Bapak Drs. H. Nazulis, M.Si sebagai Tim Penguji sekaligus Penasehat Akademik.
4. Ibu Dra. Andromeda, M.Si. sebagai Tim Penguji sekaligus Ketua Jurusan Kimia FMIPA UNP
5. Ibu Dr. Minda Azhar, M.Si sebagai Tim Penguji
6. Bapak Budhi Oktavia, M.Si., Ph.D. sebagai Ketua Program Studi Kimia
7. Bapak, Ibu karyawan/ti Baristand (Balai Riset dan Standarisasi Industri Padang).
8. Orang Tua penulis tercinta yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini .

9. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa kimia 2009 yang turut membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Penulisan skripsi ini telah mengacu kepada pedoman yang telah dikeluarkan. Namun demikian tentu saja masih terdapat banyak sekali kekurangan didalamnya. Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis menerima kritik dan saran yang membangun dari semua pihak.

Padang, Agustus 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| ABSTRAK .....                                                      | i   |
| KATA PENGANTAR .....                                               | ii  |
| DAFTAR ISI.....                                                    | iv  |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                | vi  |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                               | vii |
| BAB I PENDAHULUAN                                                  |     |
| A. Latar Belakang Masalah .....                                    | 1   |
| B. Perumusan Masalah.....                                          | 4   |
| C. Batasan Masalah .....                                           | 5   |
| D. Tujuan Penelitian.....                                          | 5   |
| E. Manfaat Penelitian.....                                         | 5   |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA                                            |     |
| A. Industri Crumb Rubber.....                                      | 7   |
| B. Karbon Aktif.....                                               | 10  |
| C. Adsorpsi.....                                                   | 13  |
| D. Kromium (Cr) .....                                              | 15  |
| E. Spektroskopi Serapan Atom (Atomic Absorbtion Spectroscopy)..... | 17  |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN                                      |     |
| A. Jenis, Waktu danTempat Penelitian.....                          | 21  |

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| B. Tahapan Penelitian Secara Umum.....                                      | 21 |
| C. Variabel Penelitian .....                                                | 21 |
| D. Alat dan Bahan .....                                                     | 22 |
| E. Metoda .....                                                             | 22 |
| F. Teknik Analisa Data .....                                                | 28 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN                                                 |    |
| A. Karakterisasi Karbon Aktif.....                                          | 30 |
| B. Perlakuan Penelitian dengan Sistem Batch .....                           | 32 |
| C. Penentuan Kapasitas Serapan Maksimum logam Cr(VI) oleh Adsorben<br>..... | 36 |
| BAB V KESIMPULAN                                                            |    |
| A. Simpulan.....                                                            | 39 |
| B. Saran .....                                                              | 40 |
| DAFTAR PUSTAKA                                                              |    |

## DAFTAR GAMBAR

| No.                                                                                                   | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Proses Pengolahan lumpur aktif.....                                                                | 8       |
| 2. Struktur Grafit .....                                                                              | 11      |
| 3. Mekanisme reaksi aktivasi karbon dengan larutan $H_3PO_4$ .....                                    | 12      |
| 4. Grafik Isoterm Adsorpsi Langmuir .....                                                             | 15      |
| 5. Skema peralatan SSA.....                                                                           | 19      |
| 6. Pengaruh pH Larutan Cr(VI) terhadap Serapan Karbon Aktif dan Tanpa Aktivasi .....                  | 32      |
| 7. Pengaruh waktu kontak larutan Cr(VI) terhadap Serapan Karbon Aktif dan Tanpa Aktivasi .....        | 34      |
| 8. Pengaruh konsentrasi larutan Cr(VI) terhadap Serapan terhadap Karbon Aktif dan Tanpa Aktivasi..... | 35      |
| 9. Isoterm Langmuir untuk adsorpsi logam Cr(VI) oleh Karbon Aktif .....                               | 37      |
| 10. Isoterm Langmuir untuk adsorpsi logam Cr(VI) oleh adsorben tanpa aktivasi .....                   | 38      |

## DAFTAR LAMPIRAN

| No.                                                      | Halaman |
|----------------------------------------------------------|---------|
| 1. Gambar Proses Pengolahan Limbah Cair .....            | 41      |
| 2. Prosedur Kerja.....                                   | 42      |
| 3. Perhitungan Pembuatan Larutan .....                   | 49      |
| 4. Kurva Standar Cr (Spektrofotometri Serapan Atom ..... | 53      |
| 5. Data Hasil Karakterisasi Karbon Aktif .....           | 54      |
| 6. Perlakuan Penelitian dengan Sistem Batch .....        | 55      |
| 7. Perhitungan Persamaan Isoterm Adsorpsi Langmuir.....  | 59      |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Indonesia merupakan negara yang memiliki perkebunan karet yang cukup luas, dimana pengolahan tanaman karet ini memiliki peranan yang penting dalam dunia industri. Di Kota Padang banyak industri yang bergerak dalam pengolahan karet, salah satunya adalah PT. Kilang Lima Gunung Lubuk Begalung yang bergerak dalam bidang industri pengolahan karet menjadi bahan setengah jadi. Dalam pengolahan karet menjadi produk setengah jadi, juga dihasilkan limbah yang jika tidak ditanggulangi akan membawa dampak yang negatif bagi lingkungan sekitar. Oleh karena itu, industri ini harus memiliki sistem pengolahan limbah. Limbah yang menjadi masalah di pabrik biasanya berupa limbah cair. Wahyu,S (2011) mengatakan bahwa kandungan limbah cair industri karet mengandung senyawa organik antara lain dalam bentuk senyawa karbon, nitrogen, air cucian lateks, protein, lipid, dan karoten.

Pada sistem pengolahan limbah cair umumnya dilakukan dengan menggunakan lumpur aktif. Proses lumpur aktif ini terjadi dalam keadaan aerob dengan menggunakan lumpur aktif. Lumpur aktif adalah endapan lumpur dari tangki aerasi yang mengandung mikroorganisme (Muslimin, 1996: 116). Mikroorganisme di dalam sistem akan terus bertambah, maka untuk menjaga agar konsentrasinya tetap sama atau sesuai dengan desain, dilakukan pembuangan secara berkala atau kontinu dari bak sedimentasi. Selanjutnya lumpur aktif tersebut disaring dan dikeringkan dalam bentuk padatan sebagai

limbah padat (Muslimin, 1996: 116-117). Limbah padat ini apabila dibiarkan menumpuk maka pabrik akan kewalahan menyediakan area yang luas untuk menampung dan menimbun limbah ini. Kondisi seperti ini juga akan mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan. Untuk mengatasi masalah ini, maka limbah padat ini dapat didaur ulang dengan cara mengubahnya menjadi karbon aktif.

Karbon aktif ini dapat dibuat melalui dua tahap, yaitu tahap karbonasi dan aktivasi (Kvech dan Tull, 1998). Menurut Triyana dan Sarma (2003), metode aktivasi yang umum digunakan dalam pembuatan karbon aktif dibagi menjadi dua yaitu aktivasi fisika dan kimia. Aktivasi fisika dapat didefinisikan sebagai proses memperluas pori dari karbon aktif dengan bantuan panas, uap dan gas  $\text{CO}_2$ . Sedangkan aktivasi kimia merupakan aktivasi dengan pemakaian bahan kimia yang dinamakan aktivator. Aktivator yang sering digunakan dalam bentuk garam jenuh, seperti  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ , dll dan asam atau basa seperti  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ , dll (Kurniati, 2008).

Pada tahap pembuatan ini menggunakan aktivasi kimia. Disini menggunakan aktivator  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% untuk memperluas pori dari karbon aktif. Penelitian terdahulu Kurniati (2008) juga menggunakan aktivator  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , yaitu mengenai “Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Arang”, konsentrasi aktivator divariasikan 1, 3, 5, 7 dan 9% didapatkan kondisi optimum pada konsentrasi 9%. Sedangkan penelitian Wibowo (2009) mengenai “Karakteristik Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* Linn)”, konsentrasi aktivator divariasikan 0, 5, dan 10%, disini didapatkan kondisi

optimum pada konsentrasi 10% yang menghasilkan kualitas arang aktif yang sesuai dengan SNI 06-3730-1995.

Karakteristik karbon aktif yang dibuat mempunyai persyaratan mutu yang harus dipenuhi sesuai dengan SNI 06-3730-1995 maka sebelum karbon aktif ini digunakan sebagai adsorben, terlebih dahulu dilakukan analisa dari karakterisasi karbon aktif. Karbon aktif yang dibuat ini dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menyerap salah satu logam berat yang merupakan sumber polusi dan perlu dihilangkan yaitu logam Cr(VI). Logam Cr(VI) termasuk ke dalam senyawa kulit berat yang dikenal memiliki daya racun yang tinggi dibandingkan logam Cr(III). Logam Cr(VI) diperoleh dari limbah cair, baik limbah dari industri maupun dari limbah dari laboratorium. Pemanfaatan logam ini banyak digunakan dalam industri elektroplating, penyamakan kulit, pendingin air, pulp, serta proses pemurnian bijih dan petroleum. Menurut Surat keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, baku mutu limbah yang boleh dialirkan ke air permukaan untuk Cr(VI) sebesar 0,05-1 mg/L dan untuk Cr (total) sebesar 0,1-2 mg/L (Herdiansyah dkk, 2004). Oleh karena itu kandungan logam berat khususnya Cr dalam limbah industri yang melebihi ambang batas harus diminimalkan sebelum dibuang ke lingkungan.

Berdasarkan uraian diatas maka dalam penelitian ini akan dipelajari kondisi optimum dalam mengadsorpsi ion Cr(VI) dengan melihat pengaruh variasi pH, waktu kontak dan konsentrasi awal ion Cr. Untuk melihat jumlah logam Cr yang terserap oleh adsorben, maka dianalisa dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dan ditentukan kapasitas adsorpsi

maksimumnya terhadap ion Cr(VI) menggunakan persamaan isotherm adsorpsi Langmuir.

Penelitian lainnya Salmariza dkk (2011), juga telah melakukan “Pemanfaatan Limbah Lumpur Proses Activated Sludge Industri Crumb Rubber sebagai Adsorben”, dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa limbah lumpur proses activated sludge industri crumb rubber dapat dijadikan adsorben. Adsorben yang dihasilkan mempunyai daya serap yang tinggi, bahkan sampai 100% dalam menyerap logam Cr yang terdapat dalam air limbah analisa COD laboratorium pada adsorben yang dipirolisis dengan massa 10 gram. Disini juga dibuktikan bahwa adsorben dengan perlakuan pirolisis dan aktivasi menggunakan NaOH 10% mempunyai daya serap yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa pirolisis dan aktivasi.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka yang akan menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik dari karbon aktif, meliputi : kadar serapan terhadap iodin, kadar air dan persen karbon terikat ?
2. Bagaimana pengaruh pH, waktu kontak, dan konsentrasi awal ion Cr dalam larutan terhadap adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh adsorben karbon aktif ?
3. Bagaimana kapasitas serapan maksimum karbon aktif terhadap Cr(VI) menggunakan *Persamaan Isoterm Langmuir* ?

### C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Karakteristik karbon aktif, meliputi : kadar serapan terhadap iodin, kadar air dan persen karbon terikat.
2. Pengaruh pH, waktu kontak, dan konsentrasi awal ion krom dalam larutan terhadap adsorpsi ion logam Cr(VI).
3. Analisa kemampuan adsorpsi karbon aktif terhadap ion logam Cr(VI).

### D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Penentuan karakteristik karbon aktif, meliputi : kadar serapan terhadap iodin, kadar air dan persen karbon terikat.
2. Penentuan kondisi optimum adsorben karbon aktif, seperti : pH, waktu kontak, dan konsentrasi ion Cr(VI) dalam larutan.
3. Kapasitas serapan maksimum ditentukan dengan *Persamaan Isoterm Langmuir*.

### E. Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat diantaranya:

1. Memberikan informasi mengenai karbon aktif berbahan dasar limbah padat proses lumpur aktif yang diaktivasi dengan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% sebagai adsorben Cr (VI).
2. Memberikan Gambaran pengaruh pH, waktu kontak, dan konsentrasi awal ion Cr (VI) dalam larutan terhadap adsorpsi ion logam Cr(VI) oleh karbon aktif.

3. Memanfaatkan limbah padat sisa pengolahan air limbah pada sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. Kilang Lima Gunung Lubuk Begalung Padang.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Industri Crumb Rubber**

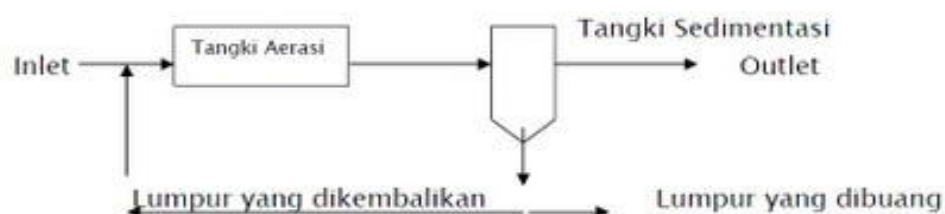
Industri pengolahan karet berkembang mulai dari memproduksi karet konvensional pada tahun 50-an, sampai era Crumb Rubberisasi pada tahun 1971 memproduksi karet spesifikasi teknis dengan jenis mutu yang dikenal dengan SIR (Standar Indonesian Rubber) (Salmariza dkk, 2011). *Crumb Rubber* atau sering disebut sebagai Standard Indonesia Rubber (SIR) merupakan salah satu jenis karet alam selain *Ribbed Smoked Sheet* (RSS), lateks pekat, *block rubber*, *tyre rubber*, *reclaimed rubber* yang diproduksi di Indonesia (Saortua 2006). Pada prinsipnya pengolahan SIR merupakan usaha menghasilkan karet yang dapat diketahui dan terjamin mutu teknisnya, disajikan beserta sertifikat uji coba laboratorium, pengepakan dalam bongkah kecil, mempunyai berat dan ukuran yang seragam (Handayani 2008).

Karet alam dapat diperoleh dari tanaman *Hevea brasiliensis* yang menghasilkan getah berupa cairan berwarna putih ketika permukaan kulit pohonnya disadap. Getah dari tanaman karet atau sering disebut sebagai lateks, berpotensi menghasilkan berbagai macam produk. Lateks merupakan suatu dispersi partikel karet hidrokarbon dalam fase cair yang disebut sebagai serum. Kandungan karet dalam lateks bervariasi, tergantung dari klon, umur tanaman, pemupukan, musim, dan sistem eksploitasi yang dilakukan (Suwardin 1989 dalam Saortua 2006).

Limbah yang dihasilkan dari industri Crumb Rubber ini secara garis besar dibagi tiga, yaitu limbah padat, cair, dan gas. Limbah cair berasal dari pencucian boker dan penggilingan serta peremahan karet. Limbah padat berasal dari pencucian boker berupa tatal, tanah dan pasir sedangkan limbah padat yang berasal dari pengolahan secara biologi menggunakan lumpur aktif berupa lumpur padat yang bersifat organik. Limbah gas berupa bau yang mengganggu kenyamanan (Salmariza dkk, 2011).

Pengelolaan limbah di industri *crumb rubber* dilakukan dengan cara ; membuat unit pengelolaan limbah cair berupa IPAL dengan sistem lumpur aktif (*activated sludge*), membuat unit penampung limbah padat dan pengendalian limbah gas (bau) (Salmariza dkk, 2011).

Proses lumpur aktif adalah pengolahan secara biologi dalam keadaan aerob dengan menggunakan lumpur aktif. Lumpur aktif adalah endapan lumpur dari tangki aerasi yang mengandung mikroorganisme (Muslimin, 1996:116). Bentuk pengolahan lumpur aktif ini sangat sederhana, dilengkapi dengan bak aerasi dan bak sedimentasi (Suriawiria, 1996:188). Untuk proses pengolahan limbah itu sendiri dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Proses Pengolahan lumpur aktif (Febrina, 2012)

Proses lumpur aktif influen masuk kedalam tangki aerasi, terjadi pencampuran antara mikroorganisme dan udara dengan air limbah yang masuk, dan bakteri, protozoa, algae, fungi berkembang biak dengan sumber nutrisi dari bahan dalam limbah dan secara langsung menguraikan bahan organik yang ada. Pertumbuhan mikroorganisme menyebabkan penggumpalan “flok” dan pembentukan lumpur aktif, setelah beberapa jam campuran air limbah dan lumpur aktif dialirkan ketangki pengendap. Sebagian mikroorganisme yang ada dalam tangki pengendap diambil dan dikembalikan kedalam tangki aerasi untuk proses penguraian bahan organik kembali (Muslimin,1996:116-117). Flok yang massa jenisnya berat akan terendapkan dan air yang telah diolah bisa dipisahkan dengan metode gravitasi saja. Karena jumlah mikroorganisme didalam sistem akan terus bertambah. Maka untuk menjaga agar konsentrasinya tetap sama atau sesuai dengan desain, dilakukan pembuangan secara berkala atau kontinu dari bak sedimentasi (Febrina 2012).

Lumpur aktif merupakan biomassa yang sebagian besarnya terdiri dari bakteri dan protozoa. Dinding sel bakteri umumnya terdiri dari beberapa senyawa organik seperti kitin, asam polisakarida, lemak, asam amino, dan beberapa senyawa seluler lainnya yang dapat menyerap ion logam berat dan beberapa senyawa organik (Brandt et al, 1997 dalam Salmariza dkk, 2011). Limbah padat yang dihasilkan memiliki komponen utama yang sama dengan lumpur aktif yaitu berupa mikroorganisme. Bakteri, protozoa, algae, fungi merupakan komponen biologis dalam lumpur aktif.

## B. Karbon Aktif

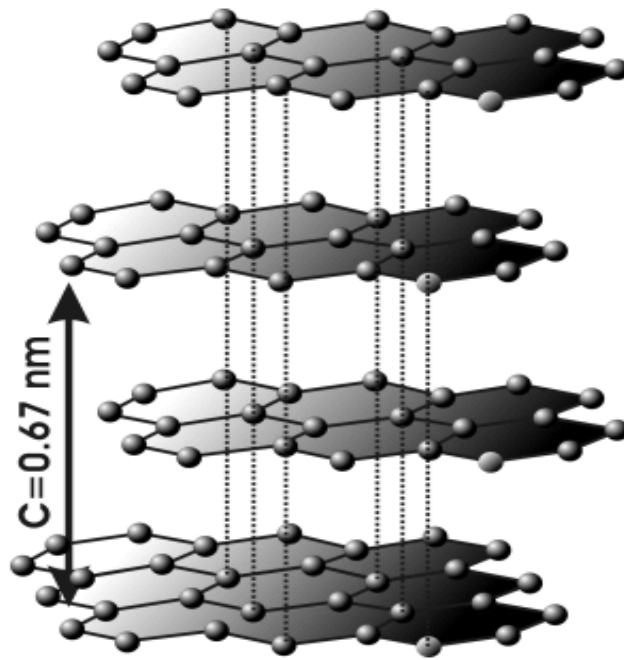
Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah diproses dengan cara diaktivasi sehingga senyawa karbon tersebut berpori dan memiliki luas permukaan yang sangat besar dengan tujuan untuk meningkatkan daya adsorpsinya. Karbon aktif merupakan material yang unik karena material ini memiliki pori/celah/rongga dengan ukuran skala molekul (nanometer) pori tersebut memiliki gaya Van Der Waals yang kuat (Hendra, 2008).

Karbon aktif ini terdiri dari pelat-pelat datar yang atom C-nya terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagon. Pelat-pelat ini bertumpuk satu sama lainnya membentuk kristal-kristal dengan sisa hidrokarbon yang tertinggal pada permukaan. Dengan menghilangkan hidrokarbonnya menyebabkan permukaan menjadi aktif (Salamah, 2008). Menurut Solovyov, et al (2002) unsur karbon (C) pada karbon aktif mampu menyerap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, baik sebagai larutan maupun sebagai gas. Ini dikarenakan atom karbon tersebut terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal yang mirip dengan grafit. Pelat-pelat ini terkumpul satu sama lain membentuk kristal dengan susunan tidak beraturan (amorf), dengan jarak antar pelatnya acak. Karbon aktif mempunyai persyaratan mutu yang harus dipenuhi. Standar kualitas karbon aktif menurut SNI 06-3730-1995 dapat dilihat pada tabel.

Tabel 1. Persyaratan Karbon aktif Menurut SNI 06-3730-1995

| Jenis                                                | Persyaratan   |
|------------------------------------------------------|---------------|
| Bagian yang hilang pada pemanasan 950 <sup>0</sup> C | Maksimum 15%  |
| Air                                                  | Maksimum 4,5% |
| Abu                                                  | Maksimum 2,5% |
| Bagian yang tidak diperarang                         | Tidak nyata   |
| Daya Serap terhadap larutan I <sub>2</sub>           | Minimum 20%   |

(Sumber : Asbahani, 2013)

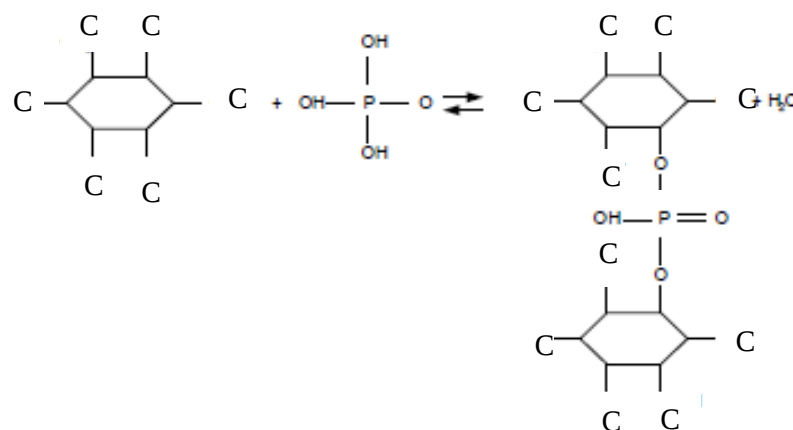


Gambar 2. Struktur Grafit (Sumber : Anonim,2007).

Pada penelitian ini menggunakan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10%, pemilihan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  karena senyawa ini berfungsi sebagai *dehydrating agents* dan *oxidants*. Dimana  $\text{H}_3\text{PO}_4$  membantu menghidrasi air yang terjebak dalam rongga-rongga karbon, membantu mengeluarkan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses karbonisasi dan melindungi permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi. Selain itu, senyawa ini memiliki stabilitas termal dan karakter kovalen yang tinggi sehingga diharapkan bahan pengaktif ini dapat meningkatkan daya serap. Stabilitas termal berperan dalam mempertahankan kestabilan zat pengaktif dalam proses aktivasi yang dilakukan pada suhu tinggi sedangkan karakter kovalen berkaitan dengan interaksi kovalen antara karbon dengan zat pengaktif yang berlangsung pada suhu tinggi untuk membuka pori karbon (Wuntu dkk,2008).

Bahan pengaktif  $\text{H}_3\text{PO}_4$  berfungsi mengikat senyawa-senyawa pengotor bukan karbon yang menyebabkan pori pada karbon akan semakin terbuka. Pada aktivasi kimia, karbon hasil proses karbonisasi diubah dari karbon yang memiliki daya serap rendah menjadi karbon yang memiliki daya serap tinggi. Selain itu proses aktivasi akan memperkecil rerata jari pori dan memperbesar luas permukaan (Bansal and Gosal, 1988 dalam Jayuska dkk, 2013).

Mekanisme aktivasi karbon dengan larutan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  bisa dijelaskan dengan Gambar 3, reaksi di bawah ini (Kurniati, 2008) :



Gambar 3. Reaksi aktivasi karbon dengan  $\text{H}_3\text{PO}_4$

Dari gambar diatas terlihat bahwa terjadi interaksi kovalen antara karbon dengan zat pengaktif. Ini menunjukkan bahwa terjadi oksidasi dan reduksi antara senyawa hidro-karbon dengan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  melalui efek interkalasi yaitu terserapnya anion dari  $\text{H}_3\text{PO}_4$  diantara pelat-pelat heksagonal dalam struktur karbon sehingga menyebabkan terdorongnya residu-residu hidrokarbon yang berada di antara pelat-pelat heksagonal dari kristalit yang dengan sendirinya akan meningkatkan pembentukan pori karbon aktif (Hendra, 2006).

### C. Adsorpsi

Adsorpsi menggunakan istilah adsorbat dan adsorben, di mana adsorben merupakan suatu media penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon, sedangkan adsorbat merupakan suatu media yang diserap, disini Cr(VI) merupakan media yang akan diserap. Jenis Adsorpsi ada dua jenis yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Pada adsorpsi fisika, adsorpsi disebabkan gaya van der Waals yang ada pada permukaan adsorben. Panas adsorpsi fisika biasanya rendah ( $\sim 10000$  Kal/Mol), lapisan yang terjadi pada permukaan adsorben biasanya lebih dari satu molekul dan kesetimbangan adsorpsi reversible dan cepat misalnya adsorpsi gas pada charcoal. Sedangkan adsorpsi kimia terjadi reaksi pada zat yang diserap dan adsorben. Lapisan molekul pada permukaan adsorbennya satu lapis dan panas adsorpsinya tinggi ( $20000-10000$  Kal/Mol). Adsorpsi ini terjadi dengan pembentukan senyawa kimia hingga ikatannya lebih kuat misalnya adsorpsi  $O_2$  pada Ag, Au, dan Pt (Sukardjo, 1990 dalam Kamelia, 2009).

Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut: Luas permukaan, Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben ; Jenis adsorbat, Peningkatan polarisabilitas adsorbat akan meningkatkan kemampuan adsorpsi. Molekul yang mempunyai polarisabilitas yang tinggi (polar) memiliki kemampuan tarik menarik terhadap molekul lain dibandingkan molekul yang tidak dapat membentuk dipol (non polar). Peningkatan berat molekul adsorbat dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi. Adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah diserap

dibandingkan rantai yang lurus ; Konsentrasi adsorbat, Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben ; Temperatur, Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka. Pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun ; pH, pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada adsorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi ; Waktu kontak , Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan (Nisa, 2013).

Teori yang biasa digunakan menggambarkan proses adsorpsi logam berat adalah model teori isotherm Langmuir. Isotherm adsorpsi Langmuir didasarkan atas beberapa asumsi, yaitu :

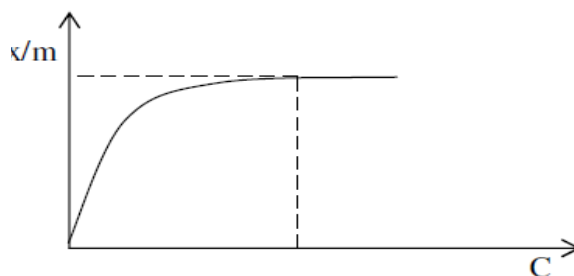
1. Adsorpsi hanya terjadi pada lapisan tunggal (monolayer),
2. Panas adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan,
3. Semua situs dan permukaannya bersifat homogen (OSCIK, 1982 dalam Khasanah, 2009).

Persamaan isotherm adsorpsi Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben dengan molekul-molekul zat yang tidak teradsorpsi. Model adsorpsi isotherm Langmuir mengasumsikan bahwa permukaan adsorben terdiri atas situs aktif, dimana semua adsorbat hanya teradsorpsi pada situs aktif dan tidak terjadi interaksi antar adsorbat, sehingga

yang terbentuk adalah lapisan monomolekuler dimana jumlah molekul yang teradsorpsi tidak akan melebihi jumlah situs aktif. Pengikatan adsorbat pada permukaan adsorben dapat berlangsung secara kimia atau fisika tetapi harus cukup kuat untuk mencegah perpindahan molekul teradsorpsi pada permukaan (OSCIK, 1982 dalam Khasnah, 2009). Model adsorpsi isotherm Langmuir dapat dinyatakan dalam persamaan (Nisa,2013) :

$$\frac{C}{m} = \frac{1}{bK} + \frac{1}{b}C$$

Dimana, C adalah konsentrasi kesetimbangan, m adalah jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben (mg/g), b adalah kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g) dan K adalah tetapan kesetimbangan (afinitas serapan). Bila data yang diperoleh memenuhi persamaan tersebut di atas, maka plot  $C/m$  terhadap C akan menghasilkan garis lurus dengan slope  $1/b$  dan intersep  $1/bK$ . Kurva isotherm adsorpsi Langmuir dapat disajikan seperti pada Gambar 4 :



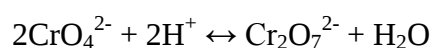
Gambar 4. Grafik Isotherm Adsorpsi Langmuir

#### D. Kromium (Cr)

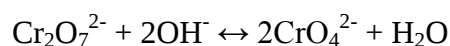
Kromium merupakan logam transisi yang mempunyai konfigurasi elektron  $[\text{Ar}] 4s^1 3d^5$ . memiliki massa atom 51, 996 g/mol. Titik didih  $2665^{\circ}\text{C}$ , titik leleh  $1875^{\circ}\text{C}$  dan jari-jari atom 128 pm. Krom mempunyai tingkat oksidasi +6 (oksidator), +3 (stabil), dan +2 (reduktor) (Zahroh,2010). Dalam larutan air,

kromium membentuk 3 jenis ion, yaitu Kation kromium (II) atau disebut kromo ( $\text{Cr}^{2+}$ ), merupakan ion yang diturunkan dari senyawa  $\text{CrO}$ , larutan dengan ion  $\text{Cr}^{2+}$  menghasilkan larutan biru, ion ini agak tidak stabil karena merupakan reduktor kuat bahkan ion ini perlahan-lahan mampu menguraikan air membentuk hydrogen ; Kation kromium (III) atau disebut kromi ( $\text{Cr}^{3+}$ ), ion ini stabil dan diturunkan dari senyawa dikromium trioksida  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , dalam larutan, ion ini berwarna hijau atau lembayung, berwarna hijau jika terdapat kompleks  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]^{2+}$  {pentakuomonoklorokromat} atau kompleks  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]^+$  {tetrakuodiklorokromat}, berwarna lembayung jika terdapat ion heksakuokromat(III)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  ; Anion kromat ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) dan anion dikromat ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ), anion kromium adalah ion bervalensi enam dengan keadaan oksidasi +6 (CrVI), ion kromat  $\text{CrO}_4^{2-}$  berwarna kuning / orange dan ion dikromat  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  berwarna jingga (Svehla, 1985).

Menurut Svehla (1985) Cr(VI) merupakan kromium bervalensi 6, dalam larutan berupa anion kromat dan dikromat tergantung dari pH larutan.



atau



Reaksi ini juga ditulis sebagai:



Logam Krom (Cr) merupakan salah satu logam berat yang keberadaan dalam lingkungan dapat berasal dari pembuangan air limbah industri kimia yang berasal dari industri penyamakan kulit, pendingin air, pulp, penyepuhan, tekstil,

proses permunian bijih dan petroleum serta industri cat (Nurdiani,2005). Untuk melestarikan lingkungan hidup maka dilakukan pengendalian terhadap pembuangan limbah ke lingkungan. Menurut Surat keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, baku mutu limbah yang boleh dialirkan ke air permukaan untuk Cr (VI) sebesar 0,05-1 mg/L dan untuk Cr (total) sebesar 0,1-2 mg/L (Herdiansyah,2004).

Ion Cr(VI) bersifat toksik lebih tinggi dari pada Cr(III), karena [Cr(VI)] yang berupa anion mampu menembus membran sel darah dengan cepat dan berikatan dengan fraksi globin dari hemoglobin. Selain itu, krom dalam tubuh dapat berakibat buruk terhadap sistem saluran pernafasan, kulit, pembuluh darah, dan ginjal. Ion-ion krom (VI) dalam proses metabolisme tubuh akan menghalangi atau mampu menghambat kerja enzim benzopiren hidroksilase dapat mengakibatkan perubahan dalam kemampuan pertumbuhan sel, sehingga sel-sel menjadi tumbuh secara liar dan tidak terkontrol, atau lebih dikenal dengan istilah kanker (Wirawan,2011).

#### **E. Spektroskopi Serapan Atom ( Atomic Absorbtion Spectroscopy)**

Metoda Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) pertama kali diperkenalkan oleh A.Walsh pada tahun 1955. Metoda ini merupakan suatu teknik untuk menganalisis atom dari unsur-unsur logam. Kelebihan dari metoda ini yaitu memiliki kepekaan dan ketelitian yang tinggi karena dapat mengukur kandungan dan ketelitian yang tinggi karena dapat mengukur kandungan logam dengan satuan ppm, memerlukan sampel sedikit dan dapat digunakan untuk menentukan kadar logam yang konsentrasinya kecil tanpa dipisahkan terlebih dahulu.

Spektrofotometri serapan atom didasarkan pada bahwa atom-atom pada suatu unsur dapat mengabsorpsi energy sinar pada panjang gelombang tertentu. Banyak energi sinar yang diadsorpsi berbanding lurus dengan jumlah atom-atom unsur yang mengabsorpsi. Atom terdiri atas inti atom yang mengandung proton bermuatan positif dan neutron berupa partikel netral, dimana inti atom dikelilingi oleh electron-elektron bermuatan negative pada tingkat energi yang berbeda-beda (Yuliani, 2009).

Cara kerja Spektroskopi Serapan Atom ini adalah berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung didalamnya 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.

Jika 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. Absorpsi ini mengikuti hukum Lambert-Beer, yaitu absorbansi berbanding lurus dengan panjang nyala yang dilalui sinar dan konsentrasi uap atom dalam nyala. Kedua variabel ini sulit untuk ditentukan tetapi panjang nyala dapat dibuat konstan sehingga absorbansi hanya berbanding langsung dengan konsentrasi analit dalam sampel. Hukum Lambert-Beer ini dapat digunakan jika sumbernya adalah monokromatis (Khopkar, 1990:277). Aspek kuantitatif dari metoda spektrofotometri diterangkan oleh hukum Lambert-Beer, yaitu :

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c \text{ atau } A = a \cdot b \cdot c$$

Keterangan:  $A$  = Absorbansi

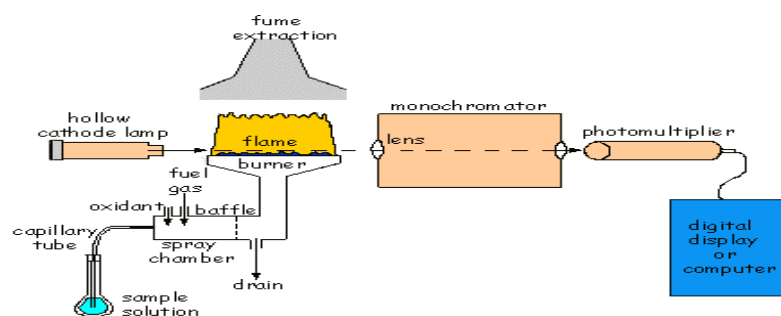
$\epsilon$  = Absorptivitas molar (mol/L)

$a$  = Absorptivitas (g/L)

$b$  = Tebal nyala (nm)

$c$  = Konsentrasi (ppm)

Absorpsivitas molar ( $\epsilon$ ) dan absorpsivitas ( $a$ ) adalah suatu konstanta dan nilainya spesifik untuk jenis zat dan panjang gelombang tertentu, sedangkan tebal media (sel) dalam prakteknya tetap. Dengan demikian absorbansi suatu zat akan merupakan fungsi linier dari konsentrasi, sehingga dengan mengukur absorbansi suatu zat konsentrasinya dapat ditentukan dengan membandingkannya dengan konsentrasi larutan standar. Peralatan Spektrometer Serapan Atom terdiri dari beberapa bagian pokok, yaitu sumber sinar, tempat atomisasi, monokromator, detektor dan rekorder (Day. R.A. JR dan Al Undewood. 2002). Skematik SSA dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Skema Peralatan SSA (Day. R.A. JR dan Al Undewood. 2002)

Peralatan spektroskopi serapan atom disusun oleh beberapa komponen diantaranya yaitu : Sumber Cahaya, biasanya adalah lampu hollow katoda dari elemen yang akan diukur. Lampu ini terdiri dari anoda tungsten dan katoda

berbentuk silinder dan diisi dengan gas inert seperti argon ; Atomizer, Spektroskopi serapan atom memerlukan atom analit dalam fasa gas. Ion atau atom dalam sampel mengalami desolfasi dan penguapan pada sumber temperatur tinggi seperti nyala atau grafit furnace. Proses pengatoman ini meliputi pengisapan larutan. Sistem pokok dalam pengatoman ini adalah sistem nyala dan sistem tanpa nyala. Tetapi yang paling banyak digunakan adalah dengan sistem nyala ; Monokromator, adalah alat yang bisa mengubah sinar polikromatis menjadi sinar monokromatis. Tujuan utama dari monokromator adalah untuk mengisolasi garis serapan dari cahaya dasar selama interferensi ; Detektor, berfungsi untuk mengubah intensitas cahaya yang ditransmisikan menjadi arus listrik yang dapat diukur, sedangkan untuk memperkuat arus yang timbul digunakan ampilteer. Detektor yang paling umum digunakan untuk spektroskopi serapan atom adalah tabung photomultiplier ; Rekorder, berfungsi untuk merubah signal-signal listrik yang berasal dari detektor ke dalam bentuk yang dapat dibaca oleh operator. Hasil yang dibaca dalam bentuk konsentrasi maupun absorbansi.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil karakterisasi karbon aktif yang meliputi penentuan daya serap terhadap  $I_2$ , kadar air, dan persen karbon terikat sesuai dengan SNI 06-3730-1995, yaitu masing-masing 48,26 %, 0,14 %, dan 24,925 , kecuali persen karbon terikat. Tetapi setelah ditambahkan dengan aktivator, karbon aktif mempunyai daya serap yang tinggi dibandingkan sampel tanpa aktivasi.
2. Hasil penelitian perlakuan dengan sistem batch untuk sampel karbon aktif, didapatkan kondisi optimum pada pH 3, waktu kontak 60 menit, dan pada konsentrasi 50 mg/L dengan persen penyerapan 89,47%. Sedangkan untuk sampel tanpa aktivasi didapat kondisi optimum pada pH 2, waktu kontak 120 menit, dan pada konsentrasi 50 mg/L dengan persen penyerapan 42,23%.
3. Hasil penelitian sesuai dengan kurva isoterm adsorpsi Langmuir yaitu jika diplot  $C/m$  sebagai fungsi  $C$  maka didapatkan kurva linear yang berarti penyerapan  $Cr(VI)$  oleh karbon aktif dan tanpa aktivasi berlangsung secara kimia, sehingga konstanta afinitas serapan dan kapasitas serapan maksimumnya dapat diketahui dengan menggunakan

persamaan isotherm adsorpsi Langmuir yaitu berturut-turut 1,11 dan 1,99 mg/g untuk karbon aktif, dan 0,08 dan 1,16 mg/g untuk tanpa aktivasi.

4. Dari perlakuan penelitian melalui sistem batch terbukti bahwa aktivator  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% mempengaruhi kapasitas penyerapan terhadap larutan Cr(VI).

## **B. Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan untuk peneliti selanjutnya :

1. Rendahnya kadar karbon terikat disebabkan kandungan karbon pada sampel rendah, sehingga untuk dijadikan karbon aktif kurang efektif. Karena menurut SNI 06-3730-1995 kadar karbon terikat yaitu 65-70% untuk dijadikan karbon aktif. Disini untuk dijadikan karbon aktif yang berpengaruh untuk penyerapan larutan Cr(VI) adalah aktivator.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk mempelajari gugus fungsi yang berperan dalam proses adsorpsi ion logam khususnya ion Cr(VI) oleh karbon aktif sehingga dapat diketahui mekanisme reaksi yang terjadi.
3. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan karbon aktif sebagai adsorben zat warna atau limbah organik maupun anorganik lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. [http://www.desotec.com/EN/activated\\_carbon/p14/chemical\\_structure\\_of\\_activated\\_carbon](http://www.desotec.com/EN/activated_carbon/p14/chemical_structure_of_activated_carbon)
- Asbahayani. 2013. *Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Karbon Aktif untuk Menurunkan Kadar Besi Pada Air Sumur*. Jurnal Teknik Sipil Untan. Vol.13, No.1, hal : 105-114.
- Day. R.A. JR dan Al Undewood. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta : Erlangga.
- Demirbas,E. 2004. *Adsorption kinetics for the removal of chromium (VI) from aqueous solutions on the activated carbons prepared from agricultural wastes*. ISSN 0378-4738 = Water SA, Vol. 30, No. 4, hal : 533-539.
- Febrina. 2012. *Kajian Awal Adsorben dari Limbah Padat Lumpur Aktif Industri Crumb Rubber pada Penyerapan Logam Cr*. Laporan Penelitian. Fakultas Teknologi Industri. UBH.
- Handayani, K. 2008. *Analisa Perbandingan Konsentrasi Zat Menguap dalam Crumb Rubber Mutu SIR 20 dan Crumb Rubber Mutu SIR 3 WF*. Karya Ilmiah Kimia Industri. FMIPA. USU.
- Hendaway, ANA. 2003. *Influence of HNO<sub>3</sub> oxidation on the structure and adsorptive properties of corncob-based activated carbon*. Carbon 41:713-722. Elsevier. UK.
- Hendra. 2006. *Pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa sawit dan serbuk kayu gergajian campuran*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. 24 (2) : 117-132. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Herdiansyah dkk.2004. *Laju Reduksi Cr (VI) menjadi Cr(III) oleh Asam Humat Menggunakan Model Multikomponen Kontinyu*. Indonesian Journal of Chemistry, Vol.4, No.1,hal : 12-25.
- Jayuska dkk. 2013. *Karbon Aktif Dari Limbah Cangkang Sawit Sebagai Adsorben Gas Dalam Biogas Hasil Fermentasi Anaerobik Sampah Organik*. JKK, Vol 2, No.1, hal : 30-33.
- Kamelia,S. 2009. *Pengaruh Derajat Deasetilasi Nano Kitosan untuk Menyerap Ion Zn<sup>2+</sup> dari Limbah Cair Industri Cair Industri Karet*. Tesis Ilmu Kimia.USU.