

Penentuan Efisiensi Penyisihan Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) dengan Adsorpsi menggunakan Tempurung Kelapa secara Kontinyu

ANITA NURFITRIYANI¹, EKA WARDHANI¹, MILA DIRGAWATI¹

1. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Itenas Bandung

Jalan. P.H.H. Mustafa 23, Bandung 40124
e-mail: thazcomelove@yahoo.com

ABSTRAK

Keberadaan logam Kromium yang berasal dari air buangan industri di sungai memberikan dampak terhadap lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia. Logam Kromium pada air buangan industri dijumpai berupa Kromium trivalent (Cr^{3+}) dan Kromium heksavalen (Cr^{6+}). Cr^{6+} memiliki sifat yang lebih toksik dibandingkan Cr^{3+} sehingga dapat menimbulkan ulkus pada jaringan kulit dan menyebabkan peradangan pada rongga hidung pada jangka panjang. Salah satu upaya untuk mengendalikan Cr^{6+} dengan adsorpsi menggunakan tempurung kelapa sistem kontinyu. Penelitian dilakukan untuk mengetahui penyisihan Cr^{6+} dalam skala laboratorium dengan menggunakan larutan artificial $K_2Cr_2O_7$. Penelitian pendahuluan adalah adsorpsi sistem batch bertujuan untuk mendapatkan waktu serta konsentrasi optimum. Hasil dari waktu optimum 3 jam dan konsentrasi Cr^{6+} 5 mg/L dengan menggunakan 5 g tempurung kelapa, dilanjutkan oleh adsorpsi dengan sistem kontinyu yang merupakan penelitian inti. Hasil waktu dan konsentrasi optimum pada penelitian sistem batch dikombinasikan dengan 6 variasi debit ($Q = 100$ L/menit & 120 L/menit) dan tinggi adsorben (10, 15, & 20 cm). Keenam variasi tersebut dipompakan melewati kolom yang berukuran tinggi 80 cm, diameter luar 5 cm, diameter dalam 4 cm, dan berbahan borosilikat. Dari hasil penelitian didapat efisiensi penyisihan Cr^{6+} terbesar 39,35% (100 L/menit; 20cm) dan efisiensi penyisihan Cr^{6+} terkecil 22,95% (120 L/menit; 15 cm).

Kata kunci: Kromium Heksavalen, Adsorpsi, Tempurung Kelapa.

ABSTRACT

The presence of Chromium metal from industrial wastewater in the river and the impact on the environment can impair human health. Chromium metal in industrial waste water can be found in the form of Trivalent Chromium (Cr^{3+}) and Hexavalent Chromium (Cr^{6+}). Cr^{6+} more toxic Cr^{3+} and causing uclus on skin tissue and compared to nasal cavity inflammation. One of the efforts to control Cr^{6+} impact was by adsorption process using coconut shell in continuous system. The study was conducted to determine the removal of Cr^{6+} in a laboratory scale using artificial solution of $K_2Cr_2O_7$. The preliminary research was adsorption in batch system to obtain optimum time and concentrations obtained 3 hours at a Cr^{6+} concentration of 5 mg/L by using 5 g of coconut shell, which used for adsorption in countinuous system the main research. The results show the optimum time and concentration on batch systems with 6 variations of debit (100 & 120 L/menit) and height adsorbent (10, 15 & 20 cm). The six variations were pumped through columns height 80 cm, outer diameter 5 cm, in diameter of 4 cm, and made of borosilicate. Results removal efficiency of Cr^{6+} the highest of the lowest werea 39.35% (100L/menit; 20cm) and 22.95% (120 L/menit; 20cm)

Keywords: Hexavalent Chromium, Adsorption, Shell Oil.

1. PENDAHULUAN

Industri merupakan salah satu sektor penting yang menopang perekonomian masyarakat di Indonesia. Akan tetapi, limbah hasil industri-industri tersebut memberikan dampak terhadap lingkungan yang menyebabkan badan air seperti sungai tercemar. Limbah yang mencemari sungai merupakan limbah dari bahan berbahaya dan beracun yang berasal dari logam berat. Salah satu dari logam berat itu adalah Kromium, logam ini bersifat toksik dan korosif. Limbah yang mengandung Kromium ini biasanya berasal dari industri baterai, industri soda kostik, industri cat & tinta, industri *electroplating*, dan industri penyamakan kulit.

Logam Kromium pada air buangan dijumpai berupa Kromium trivalent (Cr^{3+}) dan Kromium heksavalen (Cr^{6+}). Meskipun Cr^{6+} lebih toksik dan bersifat oksidator sangat kuat, namun Cr^{3+} merupakan bentuk yang lebih stabil dalam perairan (Taliwongso, 2005). Cr^{6+} dapat menimbulkan *uclus* pada jaringan kulit dan gangguan pada paru-paru (Soemirat, 2002). Pada jangka panjang akan menyebabkan peradangan pada rongga hidung dan respon yang paling umum pada kulit adalah alergi kulit (Kusnoputranto, 1996).

Langkah untuk mengurangi kadar Cr^{6+} yang terdapat pada limbah banyak metode pengolahan yang dapat digunakan yaitu presipitasi, *ion exchange*, reduksi secara elektrokimia, adsorpsi menggunakan karbon aktif, dan biosorpsi menggunakan biomassa seperti *algae*. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada tahun 2010 membuktikan bahwa metode adsorpsi secara *batch* menggunakan karbon aktif jenis tempurung kelapa mampu menyisihkan Cr^{6+} dengan efisiensi 100% pada keadaan optimum 1 gram tempurung kelapa, waktu 5 jam, dan pH 3 (Carna, 2010)

Adsorpsi merupakan proses fisika dan/atau kimia dimana suatu zat terlarut dalam suatu larutan menempel, terikat atau terserap, terakumulasi pada permukaan (Mihelcic, 1999). Adsorpsi dilakukan dengan penambahan adsorben, karbon aktif atau sejenisnya. Sistem pada adsorpsi terdiri dari dua macam yaitu sistem *batch* dan sistem *kontinyu* (kolom). Adsorpsi secara *batch* akan memberikan gambaran kemampuan dari adsorben dengan cara mencampurkannya dengan larutan yang tetap jumlahnya dan mengamati perubahan kualitasnya pada selang waktu tertentu (Ruthven See, 1984). Sedangkan adsorpsi secara *kontinyu* secara praktis, proses ini mempunyai pendekatan yang jauh lebih baik untuk penerapan di lapangan karena sistem operasinya yang selalu mengontakkan adsorben dengan larutan segar, sehingga adsorben dapat mengadsorpsi dengan optimal sampai kondisi jenuhnya (Aksu, 2003). Adsorbat adalah substansi yang terjerap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorben merupakan suatu media penyerap yang pada umumnya adalah senyawa karbon (Webar, 1972).

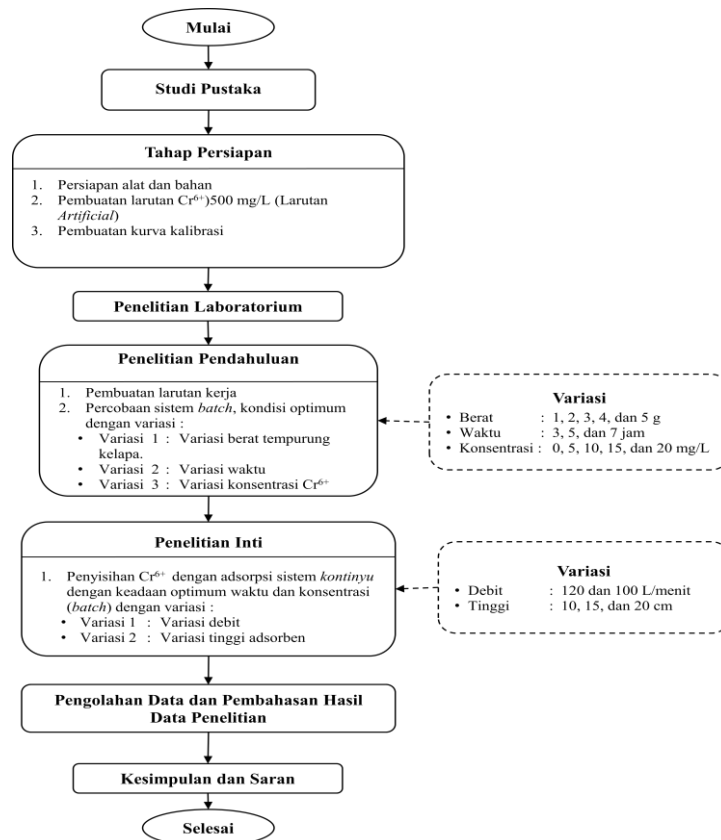
Berdasarkan pemaparan di atas perlu dilakukan penelitian mengenai penyisihan Cr^{6+} dengan adsorpsi secara *kontinyu* menggunakan tempurung kelapa yang dilakukan pada limbah *artificial*. Penelitian ini bermaksud mengidentifikasi efisiensi penyisihan (Cr^{6+}) dengan adsorpsi karbon aktif menggunakan tempurung kelapa secara *kontinyu* pada sampel air *artificial* serta bertujuan untuk mengetahui keadaan optimum dari faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi karbon aktif menggunakan tempurung kelapa secara *kontinyu* dan mengetahui besarnya efisiensi penyisihan Cr^{6+} dengan adsorpsi menggunakan tempurung kelapa secara *kontinyu*.

2. RUANG LINGKUP

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium;
2. Limbah yang digunakan adalah limbah *artificial* yaitu limbah Cr^{6+} dari larutan $K_2Cr_2O_7$ (Kalium dikromat);
3. Adsorben yang digunakan adalah karbon aktif (tempurung kelapa) jenis granular; dan
4. Melakukan adsorpsi secara *batch* sebagai penelitian pendahuluan untuk mendapatkan konsentrasi (mg/L) dan waktu optimum (jam). Kemudian dilakukan adsorpsi secara *kontinyu* berdasarkan konsentrasi (mg/L) dan waktu optimum (jam) yang divariasikan dengan tinggi adsorben (cm) dan debit aliran (L/menit) sebagai penelitian inti sesuai kemampuan pompa aquarium yang digunakan (220V 40 Watt) .

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1 : Diagram Alir Metodologi

3.1 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan terhadap berbagai literatur berupa hal-hal dan informasi-informasi yang berkaitan dengan logam Cr^{6+} , teknologi pengolahan limbah dengan metode adsorpsi secara *kontinyu*, dan karbon aktif khususnya jenis tempurung kelapa (granular).

3.2 Tahap Persiapan

3.2.1 Persiapan Alat dan Bahan

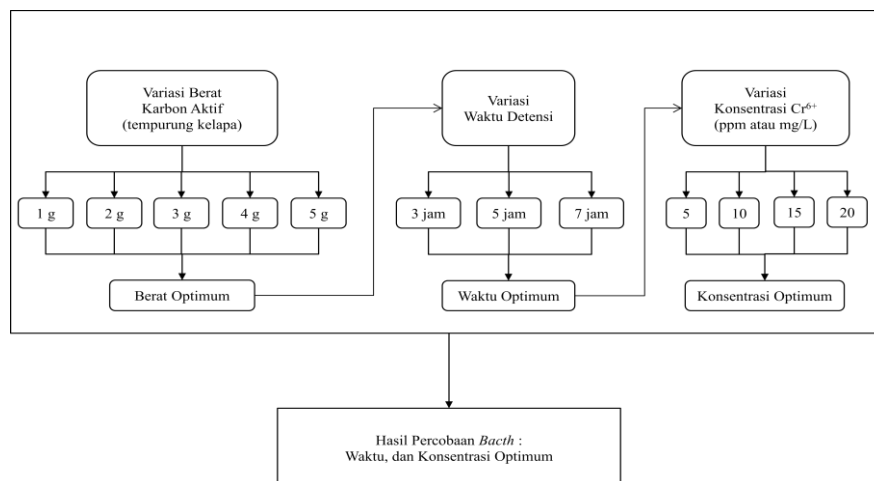
Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1, dibawah ini :

Tabel 2 : Perbandingan Pembuatan Larutan *Artificial* Cr^{6+}

Konsentrasi (mg/L)	Larutan Induk (mL)	<i>Aquades</i> (mL)	Total Kebutuhan Larutan (mL)
120	24	76	100
5	1	99	100
10	2	98	100
15	3	97	100
20	4	96	100
5	200	19.800	20L

3.3 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan ini merupakan penelitian adsorpsi secara *batch* menggunakan tempurung kelapa yang bertujuan untuk mendapatkan waktu (jam) dan konsentrasi (mg/L) optimum. Tempurung kelapa ini dipilih karena karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa paling efektif dibandingkan dengan arang kayu dan mampu menyisihkan kandungan Cr^{6+} dengan efisien secara optimal di dalam air (Carna, 2010). Bentuk serbuk dari tempurung kelapa memiliki struktur yang lebih halus dibandingkan tempurung kelapa jenis granular, sehingga bentuk serbuk biasa digunakan pada fase gas karena strukturnya yang halus apabila digunakan pada fase cair maka akan menyebabkan warna adsorbat terganggu. Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan karbon aktif jenis tempurung kelapa jenis granular. Penggunaan tempurung kelapa dilakukan pencucian yang kemudian di oven $150^{\circ}C$ selama 2 jam. Hal tersebut dilakukan bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang terdapat di tempurung kelapa. Tempurung kelapa yang digunakan berjenis granular dengan spesifikasi menurut Brataco Chemika (2011) ini biasanya digunakan untuk pemurnian air minum dan air limbah hasil proses industri. Tempurung kelapa ini memiliki ukuran 6 x 12 mesh dengan nomor Iodine 700-850 mg/g serta memiliki berat jenis (*partikel density*) sebesar 0,9514 g/mL.



Keterangan :

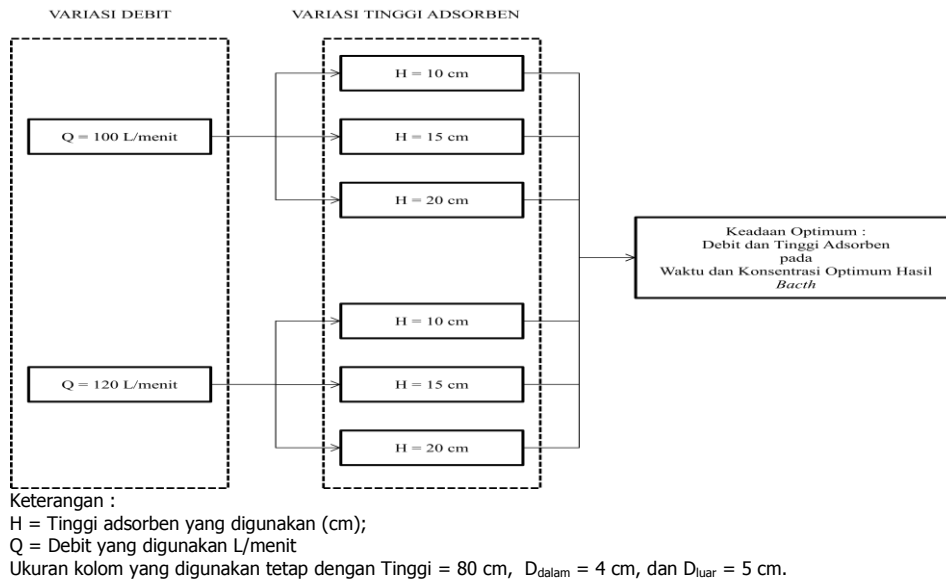
- ✓ Data berat optimum tidak digunakan pada penelitian adsorpsi secara *kontinyu*.
- ✓ Data yang digunakan pada penelitian adsorpsi secara *kontinyu* hanya data waktu dan konsentrasi optimum.
- ✓ Data optimum didapat dari efisiensi penyisihan terbesar.

Gambar 2 : Skema Penentuan Keadaan Optimum Pada Adsorpsi *Batch*

Terlebih dahulu dilakukan adsorpsi dengan variasi berat dengan konsentrasi awal Cr^{6+} yang digunakan adalah 120 mg/L. Pemilihan konsentrasi ini dilakukan berdasarkan pembacaan absorbansi maksimum pada *Spektrofotometer VIS* dan penentuan konsentrasi ini pun telah dilakukan pada penelitian sebelumnya (Carna, 2010). Variasi berat yang digunakan adalah 1, 2, 3, 4, dan 5 g. Langkah selanjutnya adalah memasukkan larutan *artificial* tersebut ke

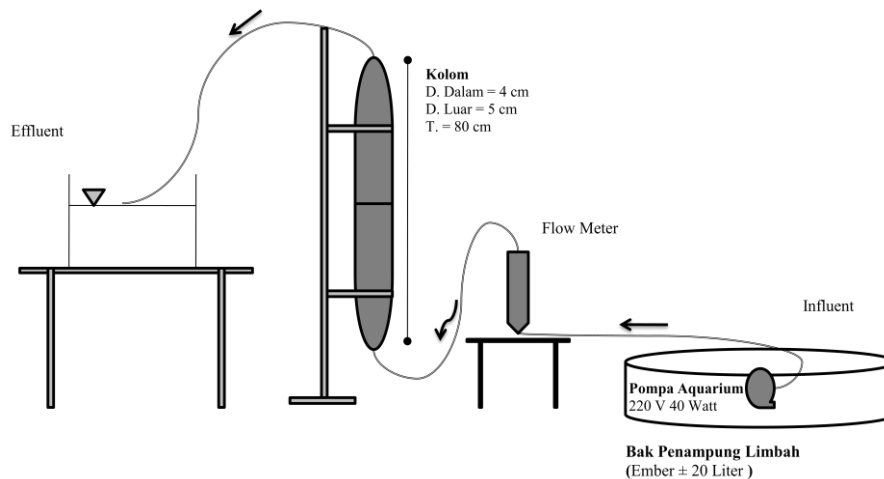
dalam Erlenmeyer 250 mL untuk selanjutnya ditempatkan pada *shaker* dengan 100 rpm untuk dilakukan sentrifugasi. Kemudian, berat optimum yang didapat divariasikan dengan dengan variasi waktu yaitu 3, 5, dan 7 jam. Berat dan waktu optimum yang didapat dilanjutkan dengan variasi konsentrasi, yaitu 5, 10, 15, dan 20 mg/L. Pemilihan variasi konsentrasi ini didasari dari larutan kerja yang digunakan pada pembuatan kurva kalibrasi. Pemilihan keadaan optimum ditentukan berdasarkan efisiensi penyisihan terbesar, kemudian waktu (jam) dan konsentrasi (mg/L) optimum digunakan pada penelitian inti.

3.4 Penelitian Inti



Gambar 3 : Skema Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi Kontinyu

Penelitian inti ini merupakan penelitian adsorpsi secara *kontinyu* menggunakan tempurung kelapa yang bertujuan untuk mendapatkan keadaan optimum untuk menyisihkan Cr^{6+} . Waktu (jam) dan konsentrasi (mg/L) dikombinasikan dengan variasi tinggi adsorben (cm) dan debit (L/menit). Variasi tinggi yang digunakan yaitu 10, 15, dan 20 cm serta variasi debit 100 dan L/menit. Penentuan variasi tinggi adsorben dan debit ini dipilih berdasarkan atas kemampuan pompa dalam mengalirkan larutan *artificial* melewati kolom. Kolom yang digunakan berukuran tinggi 80 cm, diameter dalam 4 cm, diameter luar 5cm, dan berbahan borosilikat serta pompa yang berkempuan 220V dan 40 Watt.



Gambar 4 : Skema Reaktor Kontinyu

Prosedur dari adsorpsi secara *kontinyu* ini adalah dengan melewati larutan Cr^{6+} *artificial* melalui kolom yang berisikan adsorben tempurung kelapa tempurung kelapa dengan tinggi yang sudah ditentukan. Selanjutnya dengan mengalirkan larutan Cr^{6+} *artificial* dari bawah ke atas dengan debit yang ditentukan dan bantuan pompa. Pengambilan sampel dilakukan setiap 15 menit sampai waktu yang ditentukan dan dianalisa kandungan Cr^{6+} sesuai SNI 6989-71-2009 tentang Cara Uji Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) dalam Contoh Uji menggunakan Spektrofotometer. Langkah-langkah yang dijelaskan dilakukan sampai waktu yang ditentukan.

3.5 Pengolahan dan Pembahasan Data Penelitian

Pengolahan data dilakukan dengan menampilkan hasil percobaan dalam bentuk tabel, diagram, dan grafik. Hasil yang didapat akan diambil rata-rata (percobaan yang dilakukan secara triplo dirata-ratakan). Efisiensi penyisihan setiap parameter dihitung dengan persamaan (2) :

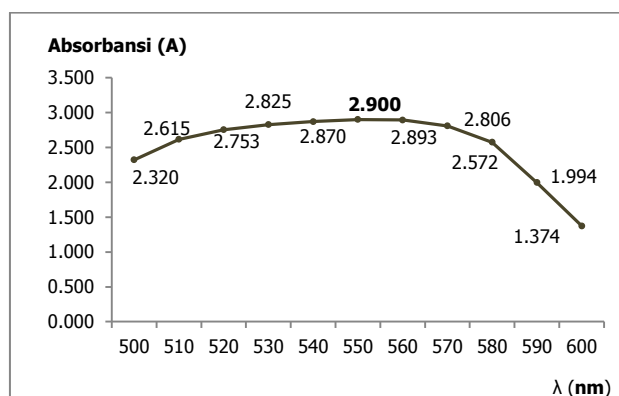
$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir})}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi penyisihan, didapatkan variasi dengan efisiensi penyisihan yang terbesar sebagai keadaan optimum

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kurva Kalibrasi Kromium Heksavalen (Cr^{6+})

Spektrofotometer adalah alat untuk mengukur transmitan atau absorbansi suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Tiap media akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu tergantung pada senyawaan atau warna terbentuk. Nilai absorbansi dari cahaya yang dilewatkan akan sebanding dengan konsentrasi larutan di dalam kuvet. Cara membuat kurva kalibrasi diawali dengan penentuan panjang gelombang optimal agar dapat membaca warna sinar tampak larutan kerja Cr^{6+} pada spektrofotometer. Panjang gelombang optimal diperoleh dengan cara membuat kurva hubungan antara absorbansi pada sumbu x dengan panjang gelombang (nm) pada sumbu y sesuai dengan rentang panjang gelombang yang diperuntukkan untuk logam Cr^{6+} . Rentang panjang gelombang untuk logam Cr^{6+} adalah warna ungu antara panjang gelombang 500-600 nm (Day RA, 1992).

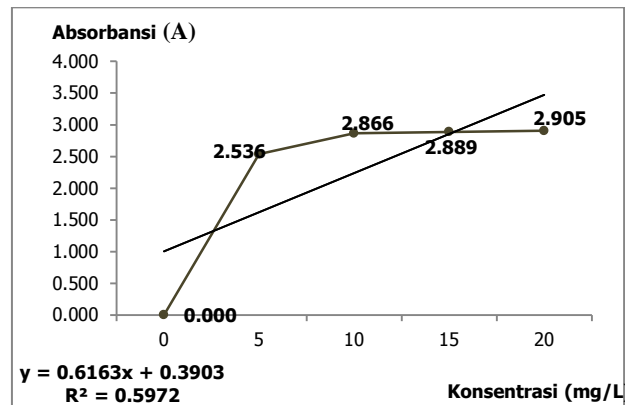


Gambar 5 : Kurva Panjang Gelombang Optimal

Berdasarkan hasil pada Gambar 5 telah diperoleh panjang gelombang optimal adalah 550 nm, maka dalam pengukuran Cr^{6+} dilakukan pada panjang gelombang optimal ini. Kurva kalibrasi merupakan kurva yang menyatakan hubungan antara kadar larutan kerja dengan

hasil pembacaan serapan dan hasilnya berupa persamaan garis lurus. Persamaan tersebut akan digunakan untuk menentukan kadar Cr^{6+} dalam satuan adsorban ke mg/L.

Nilai R^2 (korelasi) merupakan nilai yang menunjukkan tingkat linier suatu kurva, semakin besar nilainya maka semakin representatif hasil yang didapat. Nilai R^2 yang didapat sebesar 0,597, hasil R^2 yang didapat memiliki arti korelasi yang kuat karena menurut Sarwono, 2006 jika nilai $R^2 > 0,5-0,75$ maka nilai korelasinya kuat.



Gambar 6 : Kurva Kalibrasi Cr^{6+}

Dari kurva kalibrasi yang ditunjukkan pada Gambar 6 didapatkan garis persamaan yang digunakan untuk menentukan hasil pembacaan absorban \AA ke dalam konsentrasi (mg/L). Dengan y adalah hasil pembacaan absorban dan x merupakan hasil konsentrasi Cr^{6+} dalam mg/L, karena data yang diketahui adalah hasil pembacaan absorbansi maka nilai x yang akan dicari dalam satuan mg/L. Hasil R^2 yang didapat memiliki korelasi yang kuat, maka untuk menentukan konsentrasi Cr^{6+} dari absorban ke mg/L yang digunakan adalah persamaan $y = 0,616x + 0,390$.

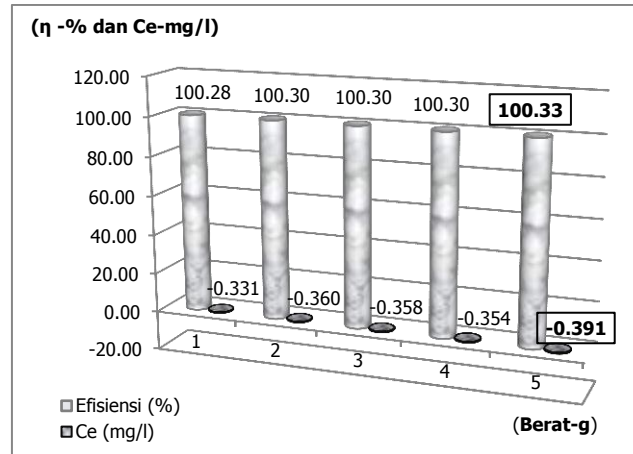
4.2 Penentuan Keadaan Optimum Adsorpsi Secara *Batch*

4.2.1 Penentuan Berat Adsorben Optimum

Penggunaan tempurung kelapa bentuk granular dipilih sebagai adsorben yang digunakan pada percobaan ini karena karbon aktif jenis ini memiliki efisiensi penyisihan yang paling efektif dibandingkan dengan arang kayu dan mampu menyisihkan kandungan Cr^{6+} dengan efisien secara optimal di dalam air (Carna, 2010). Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan karbon aktif jenis tempurung kelapa jenis granular. Selain itu juga tempurung kelapa memiliki luas permukaan yang besar, sehingga dapat mengadsorpsi zat dalam jumlah yang banyak. Percobaan untuk menentukan berat optimum adsorben (tempurung kelapa) dilakukan dengan memilih 1 konsentrasi yaitu 120 mg/L dan waktu lamanya pengocokkan selama 1 jam dengan variasi berat adsorben dengan berat 1, 2, 3, 4, dan 5 gram. Pemilihan konsentrasi 120 mg/L ditentukan karena keterbatasan spektrofotometer dalam pembacaan konsentrasi yang terlalu tinggi dan konsentrasi 120 mg/L ini merupakan batas maksimal dari pembacaan spektrofotometer. Variasi berat adsorben dalam adsorpsi secara *batch* ini dilakukan mengetahui kapasitas adsorpsi tempurung kelapa dalam penyisihan logam berat Cr^{6+} . Variasi berat adsorben dilakukan untuk mendapatkan berat adsorben optimum dalam proses adsorpsi secara *batch*.

Berdasarkan Gambar 7 terlihat bahwa berat tempurung kelapa 5 g yang paling banyak menyisihkan kandungan Cr^{6+} adalah 100,33% yakni menyisihkan sampai -0,0391 mg/L dari konsentrasi awal 120 mg/L dengan kata lain mampu menyisihkan Cr^{6+} sampai 0 mg/L.

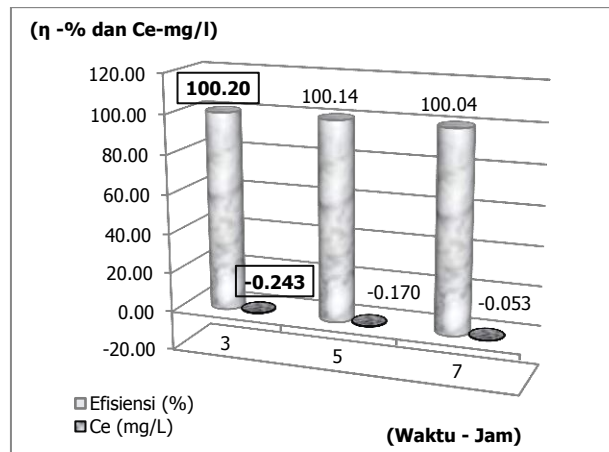
Gambar 7 memperlihatkan bahwa semakin banyak jumlah adsorben yang diberikan semakin baik pula penyerapannya, hal ini disebabkan karena pada saat adsorben dan larutan *artificial* limbah berkontak seluruh adsorben dapat menyerap kandungan Cr^{6+} di dalam air. Dengan demikian berat optimum adsorben adalah 5 g tempurung kelapa dan selanjutnya akan dikombinasikan dengan variasi waktu untuk menentukan waktu optimum.



Gambar 7 : Grafik Penentuan Berat Optimum

4.2.2 Penentuan Waktu Optimum

Pada penentuan waktu optimum digunakan konsentrasi awal 120 mg/L dengan variasi waktu kontak 3, 5, dan 7 jam. Penentuan variasi waktu didasarkan dari batas atas, batas bawah, dan nilai yang didapat dari penelitian sebelumnya yang menghasilkan waktu optimum 5 jam dengan berat karbon aktif 1 gram (Carna, 2010). Variasi waktu kontak dilakukan untuk mendapatkan waktu kontak optimum dalam proses adsorpsi. Variasi-variasi waktu kontak tersebut dikombinasikan dengan berat adsorben optimum yang didapatkan sebelumnya.

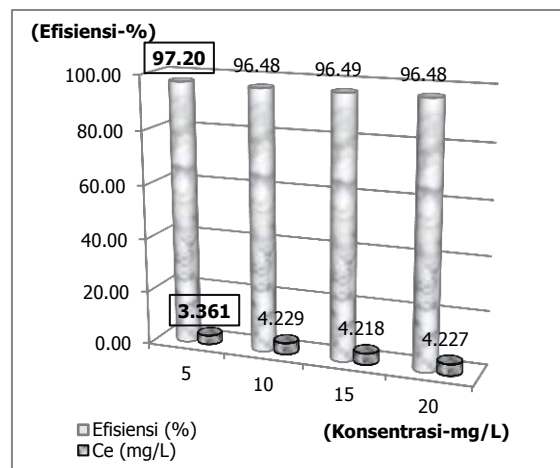


Gambar 8 : Grafik Penentuan Waktu Optimum

Gambar 8 menunjukkan bahwa pada waktu 3 jam tempurung kelapa dapat menyisihkan Cr^6 pada limbah *artificial* hingga -0,243 dengan kata lain 0 mg/L dan efisiensi penyisihannya terbesar yaitu 100,20%. Hal tersebut disebabkan oleh jika jumlah karbon aktif (tempurung kelapa) yang digunakan semakin banyak maka semakin sedikit waktu yang dibutuhkan untuk mengadsorpsi. Apabila waktu yang diberikan terlalu lama akan menyebabkan tempurung kelapa menjadi jenuh dan kapasitas penyerapannya pun semakin berkurang maka efisiensi penyisihan pun semakin rendah. Berdasarkan penelitian sebelumnya pun dijelaskan bahwa untuk karbon aktif didapatkan 3 jam sebagai waktu optimum.

4.2.3 Penentuan Konsentrasi Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) Optimum

Berdasarkan percobaan sebelumnya diperoleh parameter dengan kondisi optimum yaitu berat adsorben dan waktu kontak optimum. Kedua parameter tersebutlah yang akan digunakan untuk menyisihkan kadungan Cr^{6+} dalam air dengan berbagai variasi konsentrasi, berikut adalah keadaan optimum yang di dapat berat adsorben optimum sebesar 5 gram dan waktu optimum adalah 3 jam. Kedua parameter tersebut akan dikombinasikan dengan keempat variasi konsentrasi yaitu 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L. Pemilihan keempat variasi konsentrasi disesuaikan dengan larutan kerja yang digunakan pada pembuatan kurva kalibrasi. Variasi konsentrasi dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi optimum dalam proses adsorpsi.



Gambar 9 : Grafik Penentuan Konsentrasi Optimum

Berdasarkan Gambar 9 terlihat bahwa pada konsentrasi awal 5 mg/L dapat disisihkan dengan dengan 5 gram adsorben selama waktu kontak 3 jam. Besarnya efisiensi penyisihan Cr^{6+} adalah 97,20% dengan kandungan Cr^{6+} yang disisihkan sampai 3,361 mg/L dari konsentrasi awal. Berdasarkan penelitian sebelumnya didapat 10 mg/L sebagai konsentrasi optimum yang merupakan variasi konsentrasi terendah. Semakin tinggi konsentrasi Cr^{6+} yang disisihkan maka semakin rendah pula efisiensi penyisihannya (Carna, 2010). Hasil pengukuran juga menunjukkan bahwa kondisi optimum tempurung kelapa efektif digunakan pada penyisihan Cr^{6+} dengan konsentrasi rendah yaitu pada konsentrasi 5 mg/L, karena semakin tinggi konsentrasi Cr^{6+} yang disisihkan maka semakin rendah pula efisiensi penyisihannya. Dapat disimpulkan bahwa dari penentuan kondisi yang optimum didapatkan dengan 5 gram tempurung kelapa selama 3 jam pada konsentrasi 5 mg/L dapat menyisihkan Cr^{6+} dengan optimal. Selanjutnya waktu kontak dan konsentrasi optimum akan digunakan pada penelitian inti yaitu percobaan adsorpsi secara *kontinyu* dan akan dikombinasikan dengan variasi debit dan tinggi adsorben hingga mencapai keadaan optimum pada adsorpsi secara *kontinyu*.

4.3 Penentuan Keadaan Optimum Adsorpsi Secara *Kontinyu*

Pada penelitian secara *kontinyu* ini menggunakan kolom dengan ukuran tinggi 80 cm, diameter dalam 4 cm, dan diameter luar 5 cm, pompa aquarium dengan daya 220 V 40 Watt yang berfungsi sebagai pemompa larutan dari influent, *flowmeter* sebagai alat pengatur debit, selang, serta ember. Proses dari adsorpsi secara *kontinyu* ini dengan mengalirkan larutan *artificial* Cr^{6+} melalui kolom dengan bantuan pompa dan debit yang diatur oleh *flowmeter* sampai larutan tersebut melewati adsorben (tempurung kelapa). Pengambilan sampel dilakukan setiap 15 menit sampai waktu optimum yang didapat yaitu 3 jam dianalisis

kandungan Cr⁶⁺ sesuai SNI 6989-71-2009 tentang Cara Uji Kromium Heksavalen (Cr⁶⁺) dalam Contoh Uji menggunakan Spektrofotometer. Pada penelitian ini dilakukan 6 variasi debit (L/menit) dan tinggi adsorben (cm), 6 variasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 : Variasi Debit dan Tinggi Adsorben

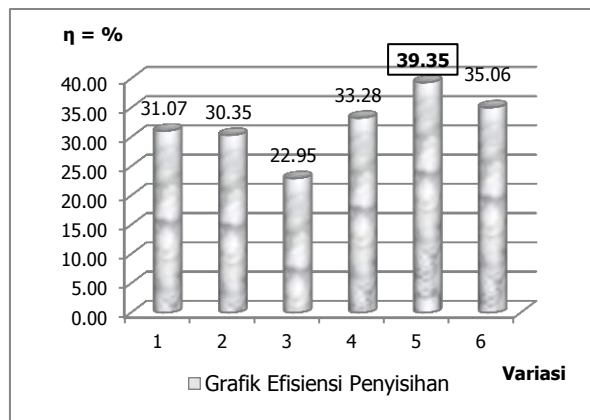
Variasi	Debit (L/menit)	Tinggi Adsorben (cm)
1	100	10
2	100	15
3	100	20
4	120	10
5	120	15
6	120	20

Penentuan variasi debit dan tinggi adsorben didasari dari keterbatasan kemampuan pompa aquarium dalam mengalirkan debit untuk melewati adsorben. Keenam variasi tersebut kemudian dikombinasikan dengan hasil optimum dari percobaan secara *bacth* dengan konsentrasi 5 mg/L selama 3 jam, kemudian ditempatkan dalam kolom dengan panjang 80 cm, berdiameter luar 5 cm, dan berdiameter dalam 4 cm dengan bantuan pompa yang memiliki daya 220 volt dan 40 watt. Hasil penyisihan Cr⁶⁺ dari keenam variasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 10 dan Tabel 4.

Tabel 4 : Data Hasil Pengukuran Adsorpsi Secara Kontinyu

Var	Q L/mnt	H (cm)	pH rata"	Rata-rata Pengamatan Konsentrasi Akhir (Ce) mg/L per 15 menit selama 3 jam											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	100	10	2,50	3,532	3,558	3,549	3,570	3,479	3,537	3,459	3,446	3,479	3,511	3,352	3,446
2		15	2,36	3,450	3,408	3,434	3,316	3,305	3,260	3,305	3,335	3,384	3,366	3,447	3,483
3		20	2,62	3,813	3,765	3,797	3,797	3,769	3,820	3,815	3,813	3,834	3,846	3,852	3,852
4	120	10	2,24	3,438	3,299	3,317	3,326	3,320	3,354	2,985	3,304	3,284	3,149	3,388	3,336
5		15	2,49	3,086	3,086	2,964	3,044	3,039	2,961	2,922	2,989	2,878	3,036	2,916	3,032
6		20	2,45	3,383	3,351	3,346	3,281	3,378	3,287	3,328	3,266	3,244	3,182	3,123	3,247

Keterangan : H = Tinggi Adsorben, Waktu (t) = 3 jam, dan C₀ = 5 mg/L



Gambar 10 : Grafik Efisiensi Penyisihan Secara Kontinyu

Efisiensi penyisihan terbesar terdapat pada variasi ke-5 yaitu 39,35% dan mampu menyisihkan sampai 3,032 mg/L dari konsentrasi awal 5 mg/L, sedangkan efisiensi penyisihan terkecil terdapat pada variasi ke-3 yaitu 22,95% dan menyisihkan hingga 3,852 mg/L. Berdasarkan penelitian adsorpsi secara *kontinyu* ini Gambar 4.8 pun dapat menggambarkan terjadinya adsorpsi secara fisik dan kimia. Salah satu contohnya adalah pada variasi ke-3 dengan debit 100 L/menit dan tinggi adsorben 20 cm. Adsorpsi fisik ditunjukkan pada 15 menit ke-2 menuju 15 menit ke-3, pada 15 menit ke-2 proses adsorpsi mampu menyisihkan kandungan Cr⁶⁺ hingga 3,765 mg/L dari konsentrasi awal 5 mg/L, namun saat 15 menit ke-3 proses adsorpsi hanya mampu menyisihkan Cr⁶⁺ hingga 3,797

mg/L. Hal tersebut menjelaskan proses adsorpsi fisik, saat terjadinya fluktuasi pada 15 menit ke-2 menuju 15 menit ke-3 dipengaruhi oleh ikatan *van deer waals*. Namun ikatan ini lemah sehingga mudah untuk lepas kembali (desorpsi) dan prosesnya *reversible* (mampu balik), hal tersebut juga terlihat dari selisih penyisihan pada 15 menit ke-2 dan ke-3 yaitu 0,032 Cr⁶⁺ yang terlepas dari adsorben. Sedangkan proses adsorpsi kimia dapat terlihat pada 15 menit ke-11 dan ke-12 yang menunjukkan penyisihan konsentrasi Cr⁶⁺ konstan hingga 3,852 mg/L. Hal tersebut disebabkan adanya ikatan kovalen antara adsorben dan adsorbat yang bersifat *irreversible*, sehingga ikatan tersebut menghasilkan penyisihan Cr⁶⁺ yang konstan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa keadaan optimum dari hasil percobaan adsorpsi secara *batch* adalah 5 gram tempurung kelapa selama 3 jam pada konsentrasi 5 mg/L.

Efisiensi penyisihan Cr⁶⁺ dengan adsorpsi menggunakan tempurung kelapa secara kontinyu terbesar adalah 39,35% pada debit 120 L/menit dan tinggi adsorben 15 cm sedangkan efisiensi terkecil penyisihan Cr⁶⁺ terkecil adalah 22,95% dengan debit 100 L/menit dan tinggi adsorben 20 cm.

UCAPAN TERIMA KASIH

PT. LG Innotek Indonesia yang telah memberikan bantuan berupa beasiswa.

DAFTAR RUJUKAN

- Carna, Christyna Putri. 2010. Analisa Penyisihan Logam Berat Krom Heksavalen (Cr⁶⁺) dengan Menggunakan Dua Jenis Karbon Aktif Skala Laboratorium. Program Sarjana (S1). Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Itenas : Bandung.
- Day RA. Jr dan Al Underwood.1992. Analisis Kimia Kuantitatif. Edisi Kelima. Erlangga : Jakarta.
- Mihelcic, J.R.et al. 1999. Fundamental of Enviromental Engineering. John Wiley & Sons,Inc.
- Ruthven, D..M., 1984. Principle of Adsorption & Adsorption Process. John Wiley & Sons : New York,124-141.
- Soemirat, Juli. 2002. Kesehatan Lingkungan. Cetakan kelima. Gadjah. Mada University Press : Yogyakarta.
- Taliwongso, Sambodo., Soewondo, Prayatni, Dr.Ing, Ir, M.S. 2005. Kinetika Penyisihan Kromium Menggunakan Lignin Sebagai Bahan Adsorben (Studi Kasus Limbah Cair Penyamakan Kulit). Teknik Lingkungan. ITB : Bandung.
- Webar, W bend. M, 1972, "Adsorption in heterogenes Aqua in Sistem ", Jaour AWWA.