

**PENGARUH WAKTU PENYERAPAN DAN MEDIA PENYERAP  
TERHADAP EFEKTIVITAS PENYERAPAN KANDUNGAN  
LOGAM BERAT PADA LIMBAH LABORATORIUM**

***THE INFLUENCE OF TIME AND MATERIAL ABSORPTION ON THE  
EFFECTIVENESS OF HEAVY METAL CONTENT ABSORPTION  
IN LABORATORY WASTE***

Ignacius Dhani Sukaryono

Balai Riset dan Standardisasi Industri Ambon, Jl. Kebun Cengkeh Ambon 97128

Email : ignacdhani@kemenperin.go.id; dhaniigna@yahoo.com

***ABSTRACT***

*Role of laboratory is very important as testing of the parameters to be analyzed. Testing mostly use chemicals and produces waste that is dangerous if not exactly in its processing. One of the laboratory wastewater treatment by using absorbent material such as activated carbon and bio ceramics. The results shows effectiveness of sample solution for laboratory waste absorption for heavy metal parameters. The effectiveness is highest absorption in the metal content of Cr sample C2 is 95.9% and lowest for the absorption effectiveness of Cd metal absorption sample A1 is 14.53%. The combination of absorption material, 1 part of activated carbon and 2 part of bio ceramics and 14 days absorption are more optimal to absorb the heavy metal content in the sample solution laboratory waste. Cr metal content is the most optimal absorption. The quality of laboratory waste solution samples before and after absorption are relatively poor and can not into the four categories of designation water in Government Regulation No. 20 of 1990.*

*Keywords : Laboratory waste, Absorption Effectiveness, Heavy metal, Activated carbon, Bio ceramics*

**ABSTRAK**

Peranan laboratorium sangatlah penting sebagai tempat melakukan pengujian terhadap parameter yang hendak dianalisa. Pengujian yang dilakukan sebagian besar menggunakan bahan kimia dan menghasilkan limbah yang bersifat berbahaya jika tidak tepat dalam pengolahannya. Salah satu pengolahan limbah laboratorium yaitu dengan menggunakan media penyerap berupa arang aktif dan bio keramik. Dari hasil penelitian didapatkan nilai efektivitas penyerapan sampel larutan limbah laboratorium untuk beberapa macam parameter logam berat. Nilai efektivitas penyerapan tertinggi terdapat pada penyerapan kandungan logam Cr sampel C2 yaitu sebesar 95,9 % dan nilai efektivitas penyerapan terendah terdapat pada penyerapan logam Cd sampel A1 yaitu sebesar 14,53 %. Kombinasi media penyerapan 1 bagian arang aktif dan 2 bagian bio keramik dengan waktu penyerapan 14 hari lebih optimal dalam menyerap kandungan logam berat dan waktu penyaringan dalam sampel larutan limbah laboratorium. Sedangkan untuk parameter kandungan logam berat yang paling optimal diserap media penyerap adalah kandungan logam Cr. Kualitas sampel larutan limbah laboratorium sebelum dan setelah penyerapan tergolong buruk dan tidak masuk ke dalam keempat golongan air menurut peruntukannya sesuai dengan PP No 20 Tahun 1990.

Kata kunci : Limbah laboratorium, Efektivitas penyerapan, Logam berat, Arang aktif, Bio keramik

## PENDAHULUAN

Laboratorium adalah salah satu sarana penunjang kegiatan di lembaga penelitian dan pengembangan yang digunakan oleh para peneliti dan yang berkepentingan dalam melaksanakan penelitian, selain itu juga sebagai sumber pemasukan pendapatan negara bukan pajak (PNBP) berupa jasa pengujian. Oleh karena peranannya yang sangat penting maka perlu adanya kualitas atau mutu yang baik dan terstandar dari laboratorium tersebut. Kegiatan yang dilakukan di laboratorium sebagian besar menggunakan bahan kimia yang beragam jenisnya. Penggunaan bahan kimia tersebut dapat menjadi sangat berbahaya bagi lingkungan jika limbah yang dihasilkan dari kegiatan tersebut tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang di lingkungan sekitar (Kasam, dkk 2005). Selama ini di Laboratorium Baristand Industri Ambon terdapat dua cara penanganan limbah hasil kegiatan pengujian yaitu dengan cara di buang langsung di saluran pembuangan dan ditampung dalam suatu tempat penampungan. Kedua cara penanganan tersebut belum sesuai dengan standar penanganan limbah yang baik dan benar. Cara yang pertama dapat mengakibatkan terkontaminasinya lingkungan sekitar khususnya badan air sehingga menurunkan kualitas air dan lingkungan. Sedangkan cara yang kedua terkendala dengan ruangan untuk tempat penampungan yang terbatas. Limbah laboratorium yang dihasilkan terdiri dari bahan organik dan an-organik. Beberapa bahan an-organik tertentu terdapat di limbah laboratorium seperti sisa-sisa kandungan logam berat yang jika dalam jumlah banyak sangat berbahaya bagi lingkungan maupun manusia (Kasam, dkk 2005). Logam yang tergolong dalam logam berat antara lain Ag, As, Cu, Fe, Mn, Mo, Cd, Co, Cr, Pb, Hg, As, Zn, Sn, Ti, dan Ni. Kandungan logam berat jika dalam jumlah berlebihan terakumulasi maka dapat dianggap berbahaya, baik bagi lingkungan maupun bagi kesehatan manusia. Beberapa diantaranya bersifat membangkitkan

kanker (karsinogen). Bahan makanan dengan kandungan logam berat yang tinggi dianggap tidak layak konsumsi dan berbahaya jika dikonsumsi. Arang atau karbon dapat didefinisikan sebagai suatu padatan berpori yang mengandung 85 – 95 % karbon yang dihasilkan bahan-bahan yang mengandung karbon dengan melakukan pemanasan pada suhu tinggi. Sedangkan arang aktif adalah arang yang telah diaktifkan dengan membebaskan konfigurasi atom karbonnya dengan ikatan unsur lain dan porinya dibersihkan dari senyawa lain sehingga permukaan dan pusat aktifnya menjadi luas (Sudarja and Caroko 2012). Penelitian tentang penyerapan atau penyaringan limbah dengan menggunakan bahan penyerap atau penyaring berupa arang maupun arang aktif telah banyak dilakukan. Penelitian tersebut antara lain Arang aktif dari serbuk gergaji digunakan dalam penyerapan limbah cair industri batik (Sudarja and Caroko 2012), Arang aktif dari tempurung kelapa digunakan untuk menurunkan COD dalam limbah laboratorium (Kasam, dkk 2005), Komposisi arang aktif dan zeolit yang digunakan sebagai penurun kandungan Mn pada sumur gali (Rahman 2013), Karbon aktif dijadikan salah satu komposisi dalam pengolahan limbah cair tekstil (Rosyida 2011), Penggunaan arang tempurung kelapa terhadap kualitas air sumur (Samon 2013), Adsorpsi karbon aktif dalam bentuk pelet untuk aplikasi filter air (Sulistiyani, dkk 2013), Pemucatan minyak sawit mentah menggunakan arang aktif (Haryono, dkk 2012), Pemanfaatan arang aktif kayu rambai untuk menurunkan kadar besi dalam air sumur (Sunardi, dkk 2005), Efektivitas zeolit dan karbon aktif dalam menurunkan kadar merkuri dalam limbah penambangan emas tradisional (Zulhikman, dkk 2013), Pengolahan limbah cair sasirangan menggunakan filter arang aktif cangkang kelapa sawit berlapis kitosan (Irawati, dkk 2011), Kombinasi zeolit dan karbon aktif dalam menurunkan kadar kesadahan air sumur (Ristiana, dkk 2009), Kombinasi media filter untuk menurunkan kadar besi (Saifudin and Astuti 2005).

Bio keramik dapat didefinisikan sebagai suatu bahan bukan logam dan anorganik yang berbentuk padat yang biasanya berasal atau terbuat dari sisa-sisa material makhluk hidup atau tidak hidup. Sebagai contoh adalah material biokeramik berbasis hidroksiapatit dari tulang ikan tuna (Nurrahman 2013), aplikasi filter keramik berbasis tanah liat alam dan zeolit pada pengolahan air limbah hasil proses laundry (Nasir, dkk 2013). Bio keramik tersebut biasanya digunakan pada aquarium ikan untuk mengurai amonia dan nitrit, dan memaksimalkan fungsi penyaringan atau penyerapan.

Dengan adanya permasalahan limbah laboratorium tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang cara bagaimana untuk menurunkan kandungan logam berat pada sampel larutan limbah laboratorium dengan memakai metode penyerapan atau penyaringan dengan menggunakan media penyerap atau penyaring yang berupa arang aktif dan bio keramik.

Dalam penelitian ini penulis menentukan batasan masalah penelitian. Batasan ini bertujuan agar hasilnya dapat fokus dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Adapun batasan masalahnya antara lain dalam hal sampel, sampel yang digunakan adalah sampel larutan limbah laboratorium. Batasan berikutnya adalah media penyerap yang berupa arang aktif dan bio keramik dengan beberapa variasi perbandingan. Batasan yang selanjutnya adalah variasi waktu penyerapan. Waktu penyerapan yang digunakan adalah selama 7 hari dan 14 hari. Sedangkan batasan yang terakhir adalah jenis logam berat yang dianalisa berupa Cd, Pb, Cu, dan Cr. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat efektivitas penyerapan sampel larutan limbah laboratorium pada tiap perbandingan media penyerap dan waktu penyerapan. Selain itu, untuk mengetahui kualitas sampel larutan limbah laboratorium hasil penyerapan.

## **METODE PENELITIAN**

### **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah AAS merk Shimadzu type AA 7000 yang digunakan untuk analisa kandungan logam berat hasil penyerapan, labu ukur, pipet, timbangan analitik, ember atau penampung air, botol penampung sampel dan media penyaring. Sedangkan bahan yang digunakan adalah arang aktif dan bio keramik sebagai media penyerapan, larutan sampel limbah laboratorium, aquabidest dan kertas saring.

### **Pengambilan Larutan Sampel Limbah Laboratorium**

Larutan sampel limbah laboratorium yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari sisa-sisa pembuangan dari alat AAS pada proses pengujian logam berat. Sisa-sisa pembuangan tersebut berupa cairan yang keluar dari alat AAS yang digunakan untuk pembilasan needle atau jarum dan sisa larutan standar yang sudah expired date. Larutan sampel limbah laboratorium tersebut dikumpulkan dalam sebuah penampungan dan dilakukan perlakuan pengadukan secara kontinyu. Perlakuan pengadukan tersebut bertujuan agar larutan sampel limbah laboratorium tersebut menjadi homogen.

### **Cara Kerja**

Langkah pertama yang dilakukan adalah bahan media penyerapan yang berupa arang aktif dan bio keramik disiapkan dengan cara melakukan penimbangan. Penimbangan arang aktif dan bio keramik tersebut menggunakan timbangan analitik dengan masing-masing berat rata-rata sekitar 100 gram untuk tiap bagiannya. Media penyerapan yang digunakan tersebut dikombinasikan atau dicampur antara arang aktif dan bio keramik dengan bermacam perbandingan. Adapun perbandingan yang digunakan adalah 1 bagian arang aktif : 1 bagian bio keramik, 2 bagian arang aktif : 1 bagian bio keramik, dan 1 bagian arang aktif : 2 bagian bio keramik.

Arang aktif dan bio keramik tersebut kemudian dimasukkan ke dalam botol-botol plastik sesuai dengan perbandingan yang telah ditentukan.

Langkah berikutnya yaitu mempersiapkan sampel larutan limbah laboratorium yang akan dilakukan penyerapan. Sampel larutan limbah laboratorium yang sudah dilakukan pengadukan diambil sekitar 1 liter dan dimasukkan ke dalam botol plastik yang telah dimasukkan media penyerapan berupa arang aktif dan bio keramik. Selanjutnya tutup botol plastik tersebut dengan penutup dan di kocok-kocok agar media penyaring bercampur dengan sampel larutan limbah laboratorium. Setelah itu, botol-botol tersebut ditempatkan ditempat yang sejuk dan aman dari jangkauan manusia. Proses penyerapan dibiarkan dalam beberapa hari. Dalam penelitian ini diambil interval waktu selama 2 minggu atau 14 hari. Pengambilan data hasil penyerapan dilakukan pada hari ke-7 dan hari ke-14.

Proses pengambilan data terdiri dari pengambilan sampel larutan limbah laboratorium hasil penyerapan dan analisis kandungan logamnya. Dalam proses pengambilan sampel larutan limbah laboratorium hasil penyerapan dilakukan juga penyerapan secara fisis dengan menggunakan kertas saring agar tidak terdapat pengotor yang berasal dari arang aktif dan bio keramik. Setelah itu dilakukan analisis kandungan logam dengan menggunakan peralatan AAS. Sebelum di-injek, penting untuk dilakukan preparasi sampel larutan limbah hasil penyerapan sesuai metode uji yang digunakan. Metode uji yang digunakan sesuai dengan acuan SNI air dan air limbah (SNI 6989.x : 2009: dengan x sesuai dengan jenis logam beratnya). Dengan menggunakan peralatan AAS tersebut didapatkan hasil kandungan logam berat sampel larutan limbah laboratorium hasil penyerapan yang selanjutnya menjadi data primer dari penelitian ini.

## HASIL PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini terdapat data primer berupa hasil analisa kandungan logam berat

sampel larutan limbah laboratorium setelah penyerapan yang dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan untuk hasil perhitungan nilai efektivitas hasil penyerapan dapat dilihat pada Tabel 2. Gambar 1, 2, 3 dan 4 masing-masing memperlihatkan grafik nilai efektivitas penyerapan kandungan logam Cd, Pb, Cu dan Cr.

Keterangan :

KA : Karbon Aktif

BK : Bio Keramik

A1 : 1 bagian karbon aktif dan 1 bagian bio keramik, waktu penyerapan 7 hari

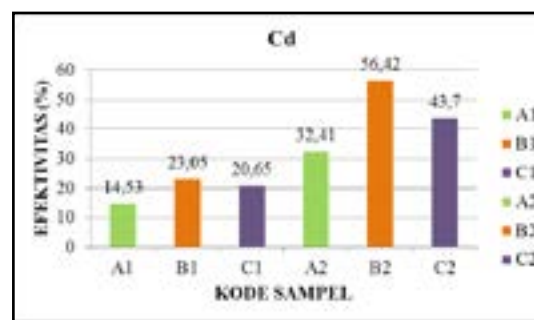
A2 : 1 bagian karbon aktif dan 1 bagian bio keramik, waktu penyerapan 14 hari

B1 : 2 bagian karbon aktif dan 1 bagian bio keramik, waktu penyerapan 7 hari

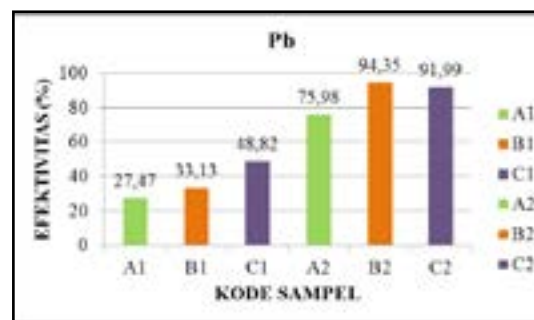
B2 : 2 bagian karbon aktif dan 1 bagian bio keramik, waktu penyerapan 14 hari

C1 : 1 bagian karbon aktif dan 2 bagian bio keramik, waktu penyerapan 7 hari

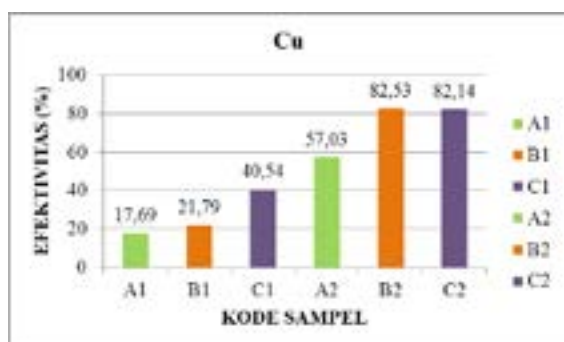
C2 : 1 bagian karbon aktif dan 2 bagian bio keramik, waktu penyerapan 14 hari



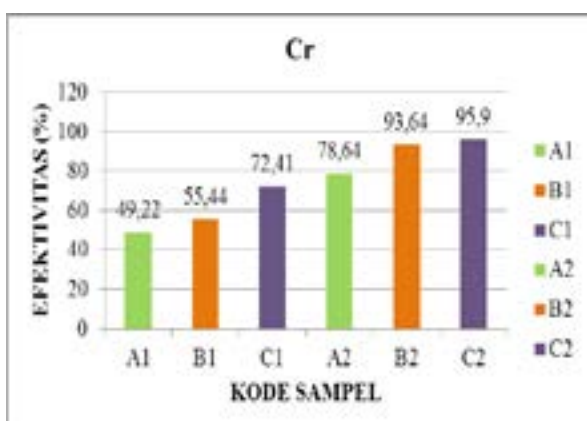
Gambar 1. Nilai Efektivitas Penyerapan Logam Cd



Gambar 2. Nilai Efektivitas Penyerapan Logam Pb



Gambar 3. Nilai Efektivitas Penyerapan Logam Cu



Gambar 4. Nilai Efektivitas Penyerapan Logam Cr

Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan dalam Tabel 1 dapat dilihat bahwa terdapat kecenderungan pada kandungan logam beratnya yang menurun secara signifikan dengan bertambahnya waktu penyerapan. Dengan kata lain bahwa hasil penyerapan dengan waktu 14 hari akan lebih besar dari pada hasil penyerapan dengan waktu 7 hari. Keadaan yang sama terjadi pada tabel efektivitas pada tabel 2. Nilai efektivitas dihitung dari perbandingan selisih kandungan logam berat hasil penyerapan dan kandungan logam berat sebelum penyerapan terhadap kandungan logam berat sebelum penyerapan dalam per seratus bagian.

Dalam penelitian ini digunakan tiga perbandingan atau kombinasi pada media penyerapnya. Tiap bagian dari media

penyerap beratnya sekitar 100 gram. Adapun perbandingannya yang dipakai yaitu 1 bagian arang aktif dan 1 bagian bio keramik; 2 bagian arang aktif dan 1 bagian bio keramik; 1 bagian arang aktif dan 2 bagian bio keramik. Penggunaan perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efektivitas dari masing-masing media penyerap. Tabel 2 memperlihatkan besarnya nilai efektivitas untuk tiap parameter logam berat dan sampel larutan limbah laboratorium. Efektivitas tertinggi sebesar 95,90 % yaitu pada penyerapan kandungan logam Cr (Kromium) sampel C2, sedangkan untuk efektivitas terendah yaitu pada penyerapan kandungan logam Cd (Kadmium) sampel A1. Hasil penelitian juga menjelaskan bahwa untuk masing-masing parameter logam berat kecenderungan nilai efektivitas sampel C lebih tinggi dibandingkan sampel B dan nilai efektivitas sampel B lebih tinggi dari pada sampel A pada waktu penyerapan 7 hari. Sedangkan untuk waktu penyerapan 14 hari, nilai efektivitas sampel B lebih besar dari pada sampel C dan nilai efektivitas sampel C lebih besar dari pada sampel A. Secara tidak langsung dapat disimpulkan bahwa media penyerap yang dipakai baik arang aktif dan bio keramik dapat secara baik menyerap kandungan logam dalam sampel larutan limbah laboratorium.

Secara rata-rata nilai efektivitas penyerapan pada tiap-tiap logam berat dapat diurutkan dari besar ke kecil yaitu rata-rata nilai efektivitas penyerapan  $Cr > Pb > Cu > Cd$ . Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa logam Cr lebih mudah dan efektif diserap oleh media penyerap dibandingkan logam yang lainnya. Sedangkan untuk kombinasi atau perbandingan media penyerap yang paling efektif dan optimal dalam menyerap kandungan logam dalam sampel larutan limbah laboratorium secara rata-rata adalah pada kombinasi yang ketiga, yaitu kombinasi 1 bagian arang aktif dan 2 bagian bio keramik. Kemampuan arang aktif dalam menyerap kandungan logam dapat berjalan baik dan dengan adanya bio keramik yang berfungsi memaksimalkan penyerapan

atau penyerapan semakin mengoptimalkan proses penyerapan kandungan logam berat.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air, air digolongkan menjadi 4 golongan berdasarkan peruntukannya. Keempat golongan tersebut adalah golongan A, golongan air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu; golongan B, golongan air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum; golongan C, golongan air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan; dan golongan D, golongan air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri, pembangkit listrik tenaga air. Sedangkan kriteria kualitas air menurut golongannya dapat dilihat dalam tabel 3 (Presiden Republik Indonesia 1990).

Menurut data kriteria kualitas air berdasarkan golongan peruntukannya tersebut, sampel larutan limbah laboratorium yang digunakan dalam penelitian ini dapat dianalisa dengan ketentuan pada kriteria tersebut. Untuk kandungan logam berat sebelum penyerapan, logam Cd tidak masuk kriteria di empat golongan tersebut, begitu juga logam Pb karena kedua logam berat tersebut mempunyai kandungan yang melebihi ambang batas kriteria tersebut. Sedangkan untuk logam Cu, kandungan sebelum penyerapannya masuk di golongan A dan B. Dan logam Cr masuk ke dalam golongan D. Dapat diartikan bahwa hanya parameter logam Cu yang aman untuk kriteria air baku air minum, tetapi bukan berarti sampel larutan limbah laboratorium tersebut dapat dikonsumsi karena harus memperhatikan parameter yang lainnya juga. Pada sampel larutan limbah laboratorium hasil penyerapan juga dapat dimasukkan kedalam golongan-golongan tersebut berdasarkan kandungan masing-masing logamnya agar dapat mengetahui kualitas dari sampel larutan limbah laboratorium tersebut. Untuk parameter logam Cd tidak dapat dimasukkan ke dalam keempat golongan

tersebut karena kandungan logam beratnya diatas batas ambang dari kriteria kualitas air tersebut. Sedangkan untuk logam Pb, sampel dengan waktu penyaringan 14 hari dapat dimasukkan kedalam golongan D, sedangkan sampel dengan waktu penyaringan 7 hari tidak dapat dimasukkan kedalam keempat golongan tersebut karena melebihi batas ambang yang ditentukan. Pada logam Cu, sampel A1, A2, B1 dan C1 dapat digolongkan ke dalam golongan A dan B, sedangkan sampel B2 dan C2 dimasukkan kedalam golongan A, B dan D. Logam yang terakhir yaitu logam Cr, sampel A1, A2, B1, B2 dan C1 dapat dimasukkan ke dalam golongan D, sedangkan sampel C2 dapat masuk ke dalam keempat golongan tersebut. Dengan hasil analisa tersebut dapat dilihat bahwa tidak semua parameter logam masuk ke dalam golongan yang sama, sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel larutan limbah laboratorium baik sebelum dan setelah penyerapan tidak sesuai dengan kriteria kualitas air berdasarkan peruntukannya. Dengan kata lain sampel larutan limbah laboratorium tersebut tidak layak digunakan untuk berbagai macam peruntukan berdasarkan kadar atau kandungan logam beratnya.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa

1. Nilai efektivitas penyerapan untuk masing-masing parameter logam dipengaruhi oleh waktu penyerapan dan perbandingan kombinasi media penyerap.
2. Penyerapan optimal pada waktu penyerapan 14 hari dan perbandingan kombinasi media penyerap yang ketiga yaitu 1 bagian arang aktif dan 2 bagian bio keramik.
3. Berdasarkan dari ketentuan penggolongan air menurut peruntukannya maka kualitas limbah laboratorium baik sebelum dan setelah penyerapan tidak dapat digolongkan kedalam keempat golongan pada penggolongan air menurut peruntukannya tersebut. Hal ini mengartikan

bahwa sampel larutan limbah tersebut masih buruk secara kualitasnya dan tergolong berbahaya bagi lingkungan dan manusia.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Haryono, Muhammad Ali, and Wahyuni. 2012. "Pemucatan Minyak Sawit Mentah Menggunakan Arang Aktif." *Teknik Kimia* 6 (2): 41–45.
- Irawati, Utami, Umi Baroroh, and Hanifa Muslima. 2011. "Pengolahan Limbah Cair Sasirangan Menggunakan Filter Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Berlapiskan Kitosan Setelah Koagulasi Dengan  $\text{FeSO}_4$ ." *Sains Dan Terapan Kimia* 5 (1): 34–44.
- Kasam, Andik Yulianto, and Titin Sukma. 2005. "Penurunan COD ( Chemical Oxygen Demand ) Dalam Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Filter Karbon Aktif Arang Tempurung Kelapa." *Logika* 2 (2): 3–17.
- Nasir, Subriyer, Teguh Budi, and Idha Silviaty. 2013. "Aplikasi Filter Keramik Berbasis Tanah Liat Alam Dan Zeolit Pada Pengolahan Air Limbah Hasil Proses Laundry." *Bumi Lestari* 13 (1): 45–51.
- Nurrahman. 2013. "Material Biokeramik Berbasis Hidroksiapatit Tulang Ikan Tuna." Skripsi. IPB, Bogor. Indonesia.
- Presiden Republik Indonesia. 1990. Peraturan Presiden Nomor 20 Tahun 1990.
- Rahman, A. R. 2013. "Perbedaan Penurunan Kandungan Mangan (Mn) Pada Berbagai Komposisi Zeolit-Karbon Aktif Dalam Air Sumur Gali." Universitas Siliwangi, Tasikmalaya. Indonesia.
- Ristiana, Nana, Dwi Astuti, and Tri Puji Kurniawan. 2009. "Keefektifan Ketebalan Kombinasi Zeolit Dengan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Kesadahan Air Sumur Di Karangtengah Weru Kabupaten Sukoharjo." *Kesehatan* 2 (1): 91–102.
- Rosyida, Ainur. 2011. "Bottom Ash Limbah Batubara Sebagai Media Filter Yang Efektif Pada Pengolahan Limbah Cair Tekstil." *Rekayasa Proses* 5 (2): 56–61.
- Saifudin, M Ridwan, and Dwi Astuti. 2005. "Kombinasi Media Filter Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe)." *Penelitian Sains Dan Teknologi* 6 (1): 49–64.
- Samon, Irhamnhasnita. 2013. "Pengaruh Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kualitas Air Sumur (Suatu Penelitian Di Desa Toto Uatra Kecamatan Tilongkabila Kabupaten Bone Bolsango)." Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo. Indonesia.
- Sudarja, and Novi Caroko. 2012. "Kaji Eksperimental Efektifitas Penyerapan Limbah Cair Industri Batik Taman Sari Yogyakarta Menggunakan Arang Aktif Mesh 80 Dari Limbah Gergaji Kayu Jati." *Ilmiah Semesta Teknika* 14 (1): 50–58.
- Sulistiyani, Erlinda, Esmar Budi, and Fauzi Bakri. 2013. Pengaruh Temperatur Terhadap Adsorpsi Karbon Aktif Berbentuk Pelet Untuk Aplikasi Filter Air. *Proceeding Seminar Nasional Fisika UNJ*. Jakarta.
- Sunardi, Lusita Wardhani, and Hendri Prayogo. 2005. "Pemanfaatan Arang Aktif Kayu Rambai (*Sonneratia Acida* Linn) Dengan Aktivator Natrium Karbonat 5 % Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) Dalam Air Sumur." *Hutan Tropis Borneo*, no. 17WW: 31–44.
- Zulhikman, Meldy, Nurjazuli, and Tri Joko. 2013. "Efektivitas Zeolit Dan Karbon Aktif Melalui Metode Penyaringan Up

Flow Dalam Menurunkan Kadar Merkuri  
Pada Air Limbah Pertambangan Emas  
Tradisional.” Kesehatan Masyarakat 2 (2).