

REDUCTION OF MERCURY CONTENT IN LIQUID MEDIA BY ADSORPTION PROCESS USING COAL FLY ASH

Doni Rahmat Wicakso^{*}, Maya Puspita Sari, Ni Luh Ratna A. K. D

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. A. Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia

*E-mail corresponding author: doni.rahmat.w@ulm.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article history:</i> Received: 15-3-2020 Received in revised form: 25-3-2020 Accepted: 01-4-2020 Published: 15-04-2020</p> <p><i>Keywords:</i> Mercury Adsorption Activation</p>	<p><i>Industrial and technological advancements have been able to improve the welfare of humanity, but present the consequences of environmental pollution which ultimately also affects human life. The well water used by residents as a necessity of life can be polluted due to gold mining because the gold mining is located not far from the residential area. The purpose of this study is to determine the levels of mercury in the liquid medium before and after the adsorption process, determine the ability of coal fly ash as an adsorbent in absorbing mercury in the liquid medium and determine the optimum contact times in mass variations of coal fly ash.</i></p> <p><i>Activation of coal fly ash was done by calcination for 2 hours, followed by measurement of initial concentration for liquid medium, the adsorption process is carried out with a coal fly ash mass variation of 4, 6, 8 and 10 g, and variations of adsorption time that is 10, 20, 30, 40 and 50 minutes. From the results of the study, obtained levels of mercury in the liquid medium before the adsorption process was carried out at 0.3263 ppm and after the adsorption process ranged from 0.2053 to 0.3023 ppm. Thus, coal fly ash has a low absorption ability to mercury in liquid medium and the best contact time where adsorption occurs for a mass of 6 g is at 10 minutes which is equal to 0.1210 ppm.</i></p>

PENURUNAN KADAR MERKURI DALAM MEDIA CAIR DENGAN PROSES ADSORPSI MENGGUNAKAN FLY ASH BATUBARA

Abstrak- Kemajuan industri dan teknologi telah mampu meningkatkan kesejahteraan umat manusia, namun menghadirkan konsekuensi pencemaran lingkungan yang akhirnya juga berpengaruh pada kehidupan manusia. Air sumur yang digunakan warga sebagai kebutuhan hidup dapat tercemar akibat penambangan emas karena penambangan emas tersebut berlokasi tidak jauh dari daerah pemukiman penduduk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar merkuri pada medium cair sebelum dan setelah dilakukan proses adsorpsi, mengetahui kemampuan *fly ash* batubara sebagai adsorben dalam menyerap merkuri pada medium cair dan menentukan waktu kontak yang baik dalam variasi massa *fly ash* batubara. Aktivasi *fly ash* batubara dilakukan dengan waktu kalsinasi selama 2 jam, dilanjutkan dengan pengukuran konsentrasi awal untuk medium cair, proses adsorpsi dilakukan dengan variasi massa *fly ash* batubara sebanyak 4, 6, 8 dan 10 g, serta variasi lama pendiaman proses adsorpsi yaitu selama 10, 20, 30, 40 dan 50 menit. Dari hasil penelitian, diperoleh kadar merkuri dalam medium cair sebelum dilakukan proses adsorpsi adalah sebesar 0,3263 ppm dan setelah proses adsorpsi adalah berkisar antara 0,2053 hingga 0,3023 ppm. Sehingga, *fly ash* batubara mempunyai kemampuan daya serap yang rendah terhadap merkuri pada medium cair dan waktu kontak yang paling baik dimana terjadi adsorpsi untuk massa 6 g yaitu pada waktu 10 menit yaitu sebesar 0,1210 ppm.

Kata kunci: merkuri, adsorben, aktivasi

PENDAHULUAN

Air tanah dangkal terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat-zat kimia (garam-garam yang terlarut). Karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Lapisan tanah disini berfungsi sebagai saringan. Di samping penyaringan, pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah, setelah menemui lapisan rapat air, air akan terkumpul yang merupakan air tanah dangkal dimana air tanah ini biasanya dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal (Sutrisno, 2004). Sumur gali (*drag wells*) biasanya dibuat untuk mengambil air tanah dimana kedalaman lebih rendah dari posisi permukaan air

tanah, dimana cara ini adalah cara yang paling sederhana dan yang paling tua. Jumlah yang dapat diambil dari sumur gali biasanya terbatas (Supirin, 2002).

Menurut penjelasan UU No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air pasal 8 ayat 1, kebutuhan pokok akan air adalah kebutuhan air uantuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari guna mencapai kehidupan yang sehat, bersih dan produktif, misalnya untuk keperluan ibadah, minum, masak, mandi, cuci dan peturasan (Sutrisno, 2002). Dari segi kualitas, air minum harus memenuhi syarat fisik. Adapun syarat-syarat fisik yang harus dipenuhi untuk standar air minum adalah Air tidak boleh berwarna, air tidak boleh berasa, air tidak boleh berbau, suhu air hendaknya di bawah sela udara (sejuk $\pm 25^{\circ}\text{C}$), dan air harus jernih. Kadar (bilangan) yang diisyaratkan dan tidak boleh dilampaui sesuai dengan Tabel 1.

Tabel 1. Kadar Bilangan yang Disyaratkan Sebagai Standar Air Minum

	Kadar yang Disyaratkan	Kadar yang Tidak Boleh Dilampaui
Keasaman Sebagai PK	7,0-8,5	Di Bawah 6,5 Dan Di Atas 9,5
Bahan-Bahan Padat	Tidak Melebihi 50 Mg/L	Tidak Melebihi 1.500 Mg/L
Warna (Skala Pt CO)	Tidak Melebihi Kesatuan	Tidak Melebihi 50 Kesatuan
Rasa	Tidak Mengganggu	-
Bau	Tidak Mengganggu	-

Sumber: Sutrisno, 2004.

Air raksa adalah logam yang ada secara alami, satu-satunya logam yang pada suhu kamar berwujud cair. Logam murninya berwarna keperakan, cairan tak berbau, mengkilap. Bila dipanaskan sampai suhu 357°C air raksa akan menguap (Ismunandar, 2002). Merkuri merupakan salah satu unsur kimia yang biasa digunakan pada proses pemisahan emas dengan unsur logam ikutan lainnya. Merkuri telah digunakan untuk menambang emas selam berabad-abad karena racun tersebut murah, mudah digunakan, relatif efisien (Muhhamad, 2001). Merkuri itu digunakan untuk mengikat emas dalam bentuk amalgam. Emas kemudian dibebaskan lagi dengan menguapkan merkuri melalui cara pemanasan (Sodikin, 2003). Selain untuk kegiatan penambangan emas, logam merkuri digunakan dalam produksi gas khlor dan soda kaustik, termometer, tambal gigi, dan baterai. Merkuri yang ada di air dan tanah terutama berasal dari deposit alam, buangan limbah, dan aktivitas vulkanik (Ismunandar, 2002). Logam berat itu dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya beracun (B3). Dampak yang ditimbulkan pada tubuh manusia sangat luas, mulai dari cacat fisik, kanker, kelumpuhan hingga kematian. Merkuri merupakan suatu toksin yang bersifat kuat, dapat merusak bayi-bayi dalam kandungan, sistem saraf pusat manusia, organ-organ reproduksi, dan sistem kekebalan tubuh. Insiden besar yang diakibatkan

oleh pencemaran merkuri terjadi di teluk Minamata, Jepang; diperkirakan 1.800 orang meninggal dunia karena memakan hasil laut dari perairan lokal yang tercemar merkuri (Muhhamad, 2001).

Buangan berbentuk partikel halus dan tidak dapat terbakar, yang tersangkut dalam Aliran gas yang keluar dari dalam tanur (*fly ash*). Komponen utama dari *fly ash* batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika (SiO_2), alumina, (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang. Rumus empiris *fly ash* batubara ialah: $\text{Si}_{1,0}\text{Al}_{0,45}\text{Ca}_{0,51}\text{Na}_{0,047}\text{Fe}_{0,039}\text{Mg}_{0,020}\text{K}_{0,013}\text{Ti}_{0,011}$. *Fly ash* batubara terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel *fly ash* hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075 mm. Kerapatan abu terbang berkisar antara 2100 sampai 3000 kg/m^3 dan luas area spesifiknya (diukur berdasarkan metode permeabilitas udara *Blaine*) antara 170 sampai 1000 m^2/kg . *Fly ash* dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk penyisihan polutan pada gas buang prose pembakaran yang berpotensi untuk merusak lingkungan seperti gas sulfur oksida yang menyebabkan hujam asam, gas nitrogen oksida yang menyebabkan pemanasan global, dan merkuri (Hg) yang berbahaya bagi makhluk hidup.

Konversi *fly ash* batubara menjadi zeolit dan adsorben merupakan contoh pemanfaatan efektif dari *fly ash* batubara. Keuntungan adsorben berbahan baku *fly ash* batubara adalah biayanya murah. Selain itu, adsorben ini dapat digunakan baik untuk pengolahan limbah gas maupun limbah cair. Adsorben ini dapat digunakan dalam penyisihan logam berat dan senyawa organik pada pengolahan limbah. *Fly ash* batubara dapat dipakai secara langsung sebagai adsorben atau dapat juga melalui perlakuan kimia dan fisik tertentu sebelum menjadi adsorben.

Zeolit yang disintesis dari *fly ash* batubara banyak digunakan untuk keperluan pertanian. Zeolit banyak dikonsumsi dalam pemurnian air, pengolahan tanah, dll. Zeolit dibuat dengan cara mengkonversi aluminosilikat yang terdapat pada *fly ash* batubara menjadi kristal zeolit melalui reaksi hidrotermal. Luas permukaan dan struktur *fly ash* batubara yang berpori merupakan dua hal yang menyebabkan abu terbang dapat batubara berpotensi untuk menyerap emisi merkuri (Putri, 2008).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rani Sahu, *fly ash* telah menunjukkan kapasitas adsorben yang sungguh efektif untuk menurunkan kadar COD dari limbah rumah tangga. Meskipun kapasitasnya lebih rendah daripada karbon aktif tingkat komersil, harga material yang rendah menjadikannya sebagai pilihan menarik dalam proses pengolahan limbah rumah tangga.

Adsorpsi ‘penyerapan’ adalah proses pemisahan di mana komponen tertentu dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Biasanya partikel-partikel kecil zat penyerap ditempatkan di dalam suatu hamparan tetap, dan fluida dialirkan melalui hamparan itu sampai zat padat itu mendekati jenuh dan pemisahan yang dikehendaki tidak dapat lagi berlangsung (McCabe, dkk, 1985).

Karena adsorpsi adalah suatu fenomena permukaan, adsorben haruslah mempunyai permukaan yang luas dan harus bebas dari bahan-bahan yang diadsorpsi. Karbon yang diaktifkan dapat dipergunakan dalam bentuk tepung, yang biasanya dicampurkan sebelum adsorpsi, atau dalam bentuk butiran di dalam lapisan-lapisan filter (Linsley & Franzini, 1995).

Banyak adsorben yang telah dikembangkan dalam batas pemisahan. Secara tipikal, adsorben dalam bentuk seperti pelet kecil, manik-manik, atau granula yang berukuran mulai dari 0,1 mm-12 mm dalam ukuran yang lebih besar digunakan dalam *packed beds*. Partikel adsorben mempunyai struktur yang sangat berpori dengan banyak ditemukan pori dan volume pori yang bisa mencapai 50% dari total volume partikel. Adsorpsi sering terjadi sebagai *monolayer* di atas lapisan dari

fine pori. Bagaimanapun juga, kadang-kadang di lapisan juga terjadi. Adsorpsi secara fisik atau adsorpsi *Van der Waals*, biasanya terjadi diantara molekul teradsorpsikan dan permukaan pori dari solid *internal* dan siap sebagai reaksi *reversible*. Adapun yang menjadi tujuan penelitian yaitu menganalisa kadar merkuri pada medium cair sebelum dan setelah dilakukan proses adsorpsi serta mempelajari waktu kontak dan massa adsorben terhadap konsentrasi merkuri hasil proses adsorpsi.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Operasi Teknik Kimia Fakultas Teknik UNLAM, Laboratorium Kimia Dasar FMIPA UNLAM serta Laboratorium Kesehatan Banjarmasin.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah erlenmeyer 250 mL, pipet volume 10 mL, pipet volume 15 mL dan 25 mL, pipet tetes, labu ukur 100 mL, gelas arloji, neraca analitik, oven, sudip, sendok plastik, propipet, gelas beker 1000 mL, toples plastik dan kaca, kantong plastik, cawan porselin, *sieve tray*, eksikator, botol semprot, jrigen, gegep, tabung reaksi, *mercury analyzer*, dan *furnace*.

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *fly ash*, HCl 37%, H₂SO₄ 98%, larutan HgSO₄, *aquadest*, kertas saring *whatman*.

Prosedur Penelitian

Preparasi

Fly ash batubara dihancurkan kemudian dikeringkannya selama 1 jam pada suhu 100 °C dan diayak dengan menggunakan *sieve tray* dengan ukuran 200 mesh.

Aktivasi *fly ash* batubara

Fly ash batubara ditimbang sebanyak 180 g, kemudian dimasukkan ke dalam 300 mL HCl 6 N setelah itu direndam selama 24 jam, lalu disaring dan dicuci dengan *aquadest* sampai netral. *Fly ash* batubara dikeringkan pada suhu 100°C selama 2,5 jam, kemudian *fly ash* dimasukkan ke dalam 300 mL H₂SO₄ 3 N, setelah itu direndam selama 5 jam pada suhu kamar. Setelah proses perendaman, *fly ash* batubara disaring dan dicuci dengan *aquadest* sampai netral. Kemudian, *fly ash* batubara dikeringkan pada suhu 100°C selama 2,5 jam dan dikalsinasi. *Fly ash* dikalsinasi pada suhu 600°C selama 2 jam.

Membuat Larutan Hg (Medium Cair)

HgSO₄ diambil sebanyak 0,1494 g, ditambahkan 3,75 mL H₂SO₄ (dengan perbandingan

25 mL H₂SO₄ untuk 1 g HgSO₄) dilarutkan ke dalam 100 mL *aquadest* hingga menjadi larutan standar 100 ppm. Kemudian larutan Hg 100 ppm tersebut diencerkan menjadi 0,3 ppm untuk 2000 mL *aquadest* (dengan melarutkan 6 mL larutan Hg 100 ppm dalam 2000 mL *aquadest*). Larutan Hg dimasukkan sebanyak 50 mL ke dalam erlenmeyer 100 mL. Pemilihan konsentrasi merkuri ± 0,3 ppm dikarenakan pertimbangan batas standar kadar merkuri yang diijinkan dalam limbah adalah sebesar 0,2 ppm, sehingga kadar yang dipilih di atas kadar limbah yang diijinkan.

Proses Adsorpsi

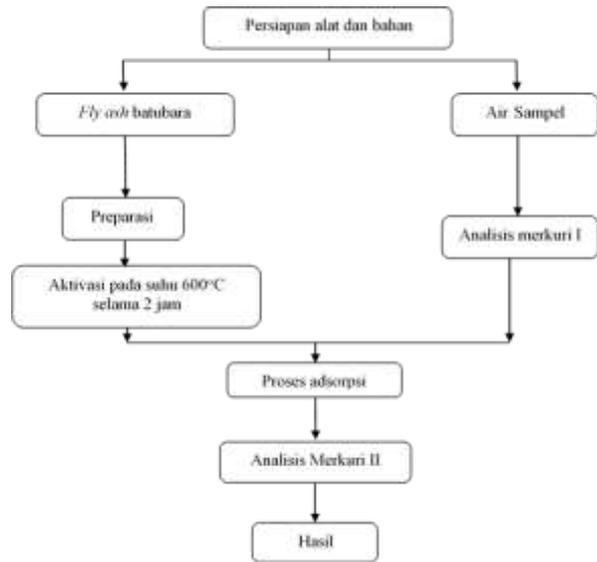
Masing-masing larutan sampel diambil kemudian dimasukkan ke dalam 20 buah erlenmeyer yang telah berisi *fly ash* batubara yang telah teraktivasi. *Fly ash* batubara digunakan sebanyak 4, 6, 8 dan 10 g dalam larutan sampel dengan perbandingan variasi pada Tabel 2:

Tabel 2. Perbandingan jumlah *Fly Ash* teraktivasi dengan sampel air sumur pada T= 600°C dan waktu kalsinasi 2 jam

Massa Partikel Fly Ash (g)	Volume Sampel Air Sumur/Sampel Buatan (mL)	Waktu Kontak (menit)
4	50	10, 20, 30, 40 dan 50
6		
8		
10		

Kecepatan pengaduk diatur sebesar (200) rpm, kemudian dидiamkan selama 10, 20, 30, 40 dan 50 menit. Cairan dan padatan yang dihasilkan pada

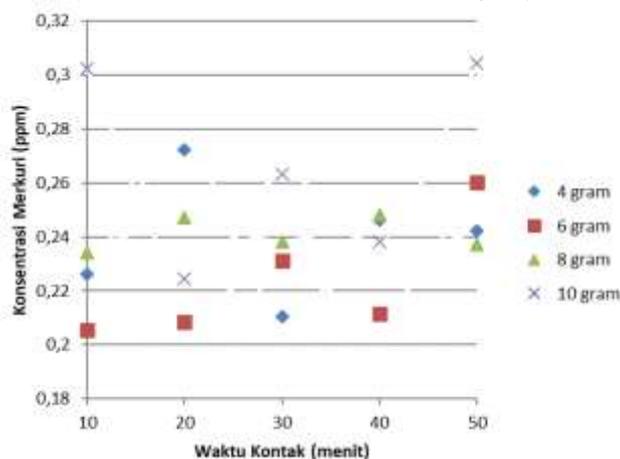
proses adsorpsi dipisahkan dengan kertas saring *whatman*.



Gambar 1. Diagram Alir Prodesur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, dapat diketahui kemampuan adsorben *fly ash* dalam menurunkan kadar merkuri, mengetahui waktu adsorpsi yang baik dalam variasi massa *fly ash* batubara dan mengetahui konsentrasi merkuri sebelum dan setelah dilakukan proses adsorpsi. Penggunaan *fly ash* sebagai adsorben, karena *fly ash* mempunyai ukuran yang relatif homogen serta luas permukaan yang besar, ukuran partikel yang sangat kecil yaitu sekitar 1-100 µm (Rahmatullah, 2005).



Gambar 2. Hubungan Konsentrasi Merkuri Terhadap Waktu Kontak dengan Berbagai Variasi Massa

Gambar 2 menunjukkan pengaruh waktu terhadap konsentrasi setelah adsorpsi dengan variasi massa yaitu 4, 6, 8 dan 10 g. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa *fly ash* yang teraktivasi dapat menurunkan konsentrasi merkuri dalam larutan. Namun dari

hasil yang diperoleh tidak menunjukkan hasil yang begitu baik karena adanya ketidakteraturan data pada variasi massa dan waktu. Seharusnya konsentrasi merkuri setelah adsorpsi menunjukkan grafik yang semakin menurun seiring lamanya waktu kontak (10, 20, 30, 40, dan 50 menit). Hal ini

disebabkan oleh tidak meratanya kontak permukaan adsorben dengan larutan sebagai akibat dari pengadukan yang kurang merata dan penyerapan adsorben *fly ash* belum mencapai waktu optimum. Bendiayasa dkk, 2004, mengatakan bahwa sebelum waktu 3600 detik (1 jam) hasil konsentrasi zat terserap (Kadmium) dengan adsorben *fly ash* masih belum stabil dan setelah waktu optimum (1 jam) berangsur stabil dan mencapai kondisi setimbang. Sehingga untuk hasil yang lebih akurat diperlukan penelitian lebih lanjut pada waktu optimum atau waktu yang lebih lama, dan dapat dilihat dari Gambar 2 mengenai pengaruh massa terhadap konsentrasi merkuri setelah proses adsorpsi.

Dapat diketahui bahwa nilai konsentrasi merkuri yang seharusnya semakin menurun seiring bertambah massa *fly ash*, justru menjadi tidak teratur. Hal ini dikarenakan pengadukan yang masih belum merata pada seluruh permukaan adsorben yang telah teraktivasi sehingga penyerapan adsorben belum optimum. Bendiayasa dkk, 2004, juga mengatakan bahwa variasi berat yang dilakukan akan memberikan hasil yang tidak mengikuti suatu pola tertentu. Hal ini disebabkan karena tidak meratanya kontak permukaan adsorben dengan larutan sebagai akibat dari pengadukan yang kurang sempurna. Selain itu, Ernawati dan Hasnawati, 2008 mengatakan bahwa adsorben telah mencapai penyerapan maksimum pada 7 gram massa *fly ash* dengan persentase penurunan konsentrasi sebesar 98,6% untuk penyerapan Pb (timbal).

Hasil yang diharapkan dalam penelitian ini, yaitu semakin lama waktu kontak maka semakin kecil konsentrasi merkuri (setelah adsorpsi) atau semakin besar konsentrasi merkuri yang terserap. Waktu kontak yang paling tepat dimana terjadinya adsorpsi untuk massa 6 g yaitu pada waktu 10 menit. Karena pada waktu tersebut terjadi penyerapan paling baik oleh *fly ash* teraktivasi. Dimana nilai adsorbat yang terserap adalah sebesar 0,1210 ppm.

KESIMPULAN

1. Kadar merkuri dalam medium cair sebelum dilakukan proses adsorpsi adalah sebesar 0,3263 ppm dan setelah proses adsorpsi adalah berkisar antara 0,2053 hingga 0,3023 ppm.
2. Waktu kontak yang paling baik dimana terjadi adsorpsi untuk massa 6 g yaitu pada waktu 10 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- BENDIYASA, M. DKK, 2004. Penggunaan *Fly Ash* Sebagai Adsorben Untuk Pemungutan Logam Cd(II) Dari Limbah Simulasi : Studi Kinetika, Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- ERNAWATI DAN HASNAWATI, 2009. Adsorpsi Limbah Cair Industri Kain Sasirangan Dengan *Fly Ash* Batubara (Studi Kesetimbangan Isoterm Adsorpsi), Banjarbaru: Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
- GEANKOPLIS, C.J., 1997. Transport Processes and Unit Operations, Edisi Ketiga. New Delhi: Prentice Hall of India.
- KODOATIE, R. J., & M. BASOEKI, 2005. Kajian Undang-Undang Sumber Daya Air. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- LINSLEY, R. & JOSEPH F., 1995. Teknik Sumber Daya Air, Jilid 2 Edisi 3. Jakarta: Erlangga.
- MCCABE, W. L., dkk, 1985. Operasi Teknik Kimia, Jilid 2 Edisi Keempat. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama.
- MUHAMMAD, C., dkk, 2001. Petaka Pembuangan Tailing ke Laut. Jakarta: Jaringan Advokasi Tambang (JATAM).
- SUPIRIN, 2001. Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- SUTRISNO, T., dkk, 2004. Teknologi Penyediaan Air Bersih. Jakarta: PT Rineka Cipta.