



## THE REMOVAL MECHANISMS OF Hg FROM WATER USING TWO DIFFERENT TYPES OF ACTIVATED CARBONS

Eka Wardhani, Kancitra Pharmawati, M. Rangga Sururi, Nita Kurniati

*Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Bandung*

E-mail : ekw\_wardhani@yahoo.com

### ABSTRAK

Raksa (Hg) merupakan logam berat yang bersifat toksik yang menyebabkan kerusakan genetik pada uji mutasi jangka pendek, termasuk kerusakan DNA. Penelitian ini bertujuan menganalisis penyisihan logam berat Hg menggunakan karbon aktif berbahan dasar batok kelapa dan kayu, serta parameter-parameter adsorpsi optimum yang mendukung proses penyisihan, yaitu pH, bobot karbon aktif dan waktu kontak. Penelitian di lapangan dilakukan untuk mengetahui kualitas air baku meliputi pH, *Dissolved Oxygen* (DO), suhu, dan Hg. Penelitian di laboratorium dilakukan secara *batch* dengan variasi pH 2, 3, 4, 5, dan 6; variasi berat karbon aktif 1 g, 2 g, 3 g, 4 g, dan 5 g; waktu kontak 1 jam, 3 jam, 5 jam, dan 7 jam. Pengukuran Hg dilakukan menggunakan metode menggunakan pedoman metode SK SNI M79-1990-03. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum karbon aktif batok kelapa yang telah diaktivasi dengan larutan  $H_3PO_4$  6M adalah pada pH 3 dengan bobot 1 g selama 5 jam, sementara itu untuk karbon aktif kayu yang telah diaktivasi dengan larutan  $H_3PO_4$  6 M, kondisi optimum terjadi pada pH 2 dengan bobot 4 g selama 5 jam. Hasil penelitian juga menunjukkan karbon aktif batok dengan kondisi optimum mampu mengadsorpsi 100% ion Hg pada konsentrasi 10 ppm, sementara itu, karbon aktif kayu mampu mengadsorpsi 92 % ion Hg.

**Kata kunci :** *Adsorpsi, Batch, Hg, Karbon Aktif, Spektrofotometer VIS*

### PENDAHULUAN

Target nasional yang disepakati dalam (*millenium Development Goals*) MGD's pada tahun 2013 dicanangkan dibangun 10 juta sambungan rumah (SR). PDAM Kabupaten Bandung mempunyai target membangun 14.000 sambungan rumah untuk daerah pelayanan Soreang, Banjaran, dan Katapang. Karena keterbatasan sumber air baku maka terpilihlah Waduk Saguling meskipun kualitasnya sangat buruk, tetapi jika dilihat dari besaran debit dan kontinuitas sumber tersebut sangat memenuhi. (*HU Pikiran Rakyat*).

Waduk Saguling dilaporkan harus menanggung beban pencemaran *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) 135.356 kg/hari, *Chemical Oxygen Demand* (COD) 426.070 kg/hari, dan Nitrogen total 38.347 kg/hari. Jika melihat data yang lebih detail, apa yang dialami oleh Waduk Saguling malah lebih mengerikan setiap detik sedikitnya 2.342 m<sup>3</sup> limbah cair dari industri basah masuk ke aliran Sungai Citarum. Limbah itu menyumbang 16.018 ton/hari BOD, 41.999 ton/hari COD, dan 20.697 ton/hari total suspended solid (TSS). Selain itu limbah cair tersebut juga mengandung 17.196 ton/hari Kromium total, 721.210 ton/hari NH<sub>3</sub>N (Amonia nitrogen), 202.707 ton/hari Sulfida, dan 175.776 ton/hari minyak. Berdasarkan kenyataan tersebut tidak heran jika 96% wilayah Genangan Saguling sudah tidak lagi memenuhi baku mutu golongan II (air baku air minum), karena selain logam Kromium dilaporkan kandungan Mercury sudah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. (*HU Pikiran Rakyat*). Jika Waduk Saguling direncanakan menjadi sumber air baku kandungan logam berat perlu mendapat perhatian khusus, mengingat logam berat tidak bisa hilang jika hanya diolah dengan instalasi pengolahan air konvensional.

Banyak metode telah digunakan pada penyisihan logam berat yaitu dengan cara reduksi yang diikuti dengan presipitasi, pertukaran ion (*ion exchange*), reduksi secara elektrokimia, adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif dan biosorpsi dengan menggunakan biomassa seperti *algae* atau ganggang serta *phytoremediasi* yang memanfaatkan tumbuhan yang bersifat hiperakumulator untuk menyerap kontaminan. Metode-metode tersebut umumnya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif efektif untuk menyisihan berbagai logam berat tetapi metode tersebut efektif untuk penyisihan logam berat dalam rentang konsentrasi tertentu dan kondisi operasi optimal yang berlainan seperti pH, suhu, dan waktu operasi, untuk itu eksplorasi penelitian terhadap metode atau bahan alternatif untuk penyisihan akan semakin memperkaya metode atau bahan yang paling sesuai untuk kontaminan atau kondisi tertentu.

## TUJUAN

Penelitian ini menggunakan metode adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif untuk menyisihkan logam berat Mercury yang terkandung dalam air Waduk Saguling. Adsorpsi sebenarnya merupakan teknologi yang sudah dikenal sejak jaman sebelum masehi, yaitu untuk pembersihan air menggunakan arang sebagai adsorben. Pada abad ke-18 karbon telah dimanfaatkan untuk mengadsorpsi gas-gas dan zat cair, selanjutnya pada tahun 1790 digunakan untuk mengadsorpsi zat warna dan abu dalam air. Aplikasi adsorpsi dalam skala besar baru dimulai pada tahun 1920-an, dan pada waktu itu karbon aktif telah digunakan untuk pengolahan air limbah. (Bastian, 2002). Permasalahan yang ingin diketahui jawabannya dalam penelitian ini adalah :

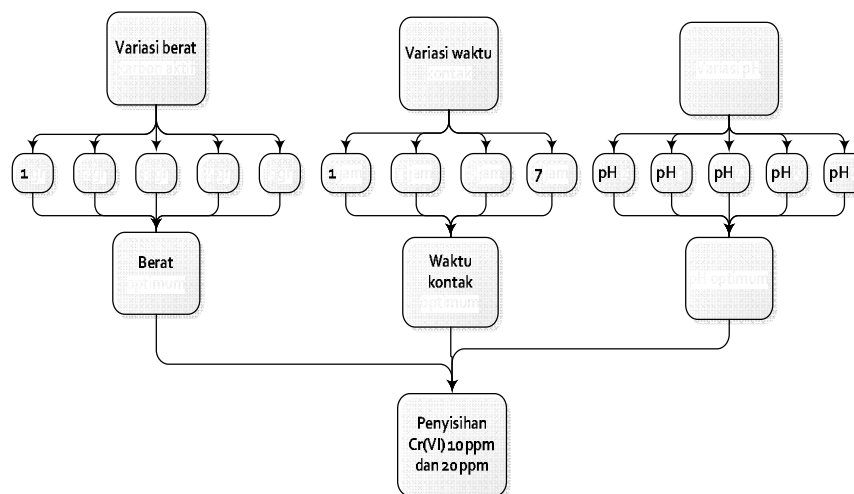
- (1) Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan karbon aktif dalam proses penyisihan secara adsorpsi terhadap logam Mercury
- (2) Seberapa besar kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi logam Mercury dalam air baku air minum dengan sistem *batch*.

- (3) Bagaimana kinetika dan model adsorpsi karbon aktif terhadap logam Mercury dalam air baku air minum yang berasal dari Waduk Saguling.

Hipotesa penelitian ini adalah karbon aktif mampu mengadsorpsi logam Mercury yang terkandung dalam air Waduk Saguling dengan tingkat adsorpsi dipengaruhi oleh pH, waktu kontak, berat karbon aktif, perlakuan terhadap karbon aktif, dan konsentrasi logam Mercury .

### METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian lapangan, dilakukan pengukuran untuk mengetahui karakteristik awal air yang meliputi parameter pH, DO, suhu, dan konsentrasi Mercury. Pengukuran pH, DO, dan suhu dilakukan langsung di lapangan, sedangkan Mercury dianalisa di laboratorium pengujian tekMIRA. Penelitian awal ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan Mercury di lapangan dan parameter-parameter yang mempengaruhinya. Sampling air dilakukan dengan metoda *location composite sample*, yaitu sample dari beberapa titik digabungkan dalam satu wadah pada waktu yang bersamaan. Pengawetan dilakukan dengan penambahan larutan HNO<sub>3</sub> hingga pH sampel < 2 kemudian didinginkan pada suhu 4<sup>0</sup>C, sehingga sampel dapat bertahan sampai dengan 28 hari (Hadi, 2005). Pengambilan sampel dilakukan dua kali yang mewakili musim hujan dan kemarau kemarau di bagian Sungai dan anak Sungai Citarum.



**Gambar 1.** Variasi Percobaan Untuk Mengetahui Parameter Optimum

Penelitian lanjutan digunakan 2 jenis karbon aktif yang terbuat dari batok kelapa dan kayu. Sebelum digunakan, kedua jenis karbon aktif ini diaktivasi menggunakan larutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 6M selama 8 jam kemudian dikeringkan pada *furnace* 500<sup>0</sup>C dengan tujuan meningkatkan kemampuan adsorpsi dari kedua jenis adsorbat tersebut (Selomulya at.all, 1999). Tahap percobaan ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan kondisi optimal dalam sistem penyisihan. dengan melakukan variasi terhadap pH, waktu kontak, berat dan perlakuan terhadap karbon aktif. Konsentrasi awal Mercury yang digunakan adalah konsentrasi Mercury hasil pemeriksaan air Waduk Saguling. Masing-masing dari Mercury

tersebut dimasukkan ke dalam erlemeyer 125 ml untuk selanjutnya ditempatkan pada sekker untuk dilakukan sentrifugasi. Setelah waktu kontak yang ditentukan yaitu 1, 10, 60, 600, dan 1440 menit dilakukan penyaringan dengan kertas saring merk *Whatman* ukuran 0,45  $\mu\text{m}$ . Langkah berikutnya adalah preparasi sampel dengan menggunakan pedoman metode SK SNI M79-1990-03. Setelah preparasi selesai, dilakukan analisa menggunakan spektrofotometri atom serapan (AAS). Dari percobaan pendahuluan ini diperoleh pH, waktu kontak, perlakuan terhadap karbon aktif, dan berat karbon aktif optimum (Gambar 1).

Dari hasil optimasi kondisi operasi dengan parameter, pH, waktu kontak dan perlakuan karbon aktif, dan berat karbon aktif optimum kemudian dilakukan variasi terhadap konsentrasi awal Mercury buatan/artificial. Konsentrasi yang digunakan diperkirakan dari konsentrasi Mercury air waduk sehingga diketahui penyisihan konsentrasi optimum dari karbon aktif tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### KARAKTERISTIK AIR SUNGAI CITARUM

Pengambilan sampel air untuk penelitian awal dilakukan di S. Citarum yang dilakukan dua kali yaitu Bulan April 2010 yang mewakili musin hujan dan Bulan Agustus 2010 mewakili musim kemarau. Lokasi pengambilan sampel air dilakukan di 5 titik yaitu : CTR-1 = Citarum Hulu Wangisagara, CTR-2 = Citarum Hulu Sapan, CTR-3 = Citarum Hulu Dayeuhkolot, CTR-4 = Citarum Hulu Nanjung, CTR-5 = Citarum Hulu Tanjungpura. Data hasil pengamatan parameter kualitas air S.Citarum Hulu selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Pada musim hujan walaupun terjadi pengenceran tiga titik di Sungai Citarum nilai DO nya masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan. 3 titik mempunyai suhu yang cukup tinggi antara 39  $\pm$  40  $^{\circ}\text{C}$ , sedangkan nilai pH masih berada dalam rentang baku mutu. Kandungan logam raksa masih berada di bawah baku mutu.

**Tabel 1.** Hasil Analisa Kualitas Air Sungai Citarum Hulu Bulan April 2010 (Hujan)

No	Parameter	Satuan	Data Hasil Analisa					Baku Mutu B. C, D
			CTR-1	CTR-2	CTR-3	CTR-4	CTR-5	
1	DHL	$\mu\text{S/cm}$	242	255	270	359	267	2250
2	Suhu	$^{\circ}\text{C}$	31,5	40	32.1	30	39,1	-
3	Oksigen Terlarut (DO)	mg/l	6,5	2*	1,5*	1,8*	3	> 3
4	pH		8,1	7,7	7,2	,6	7,6	6-9
5	Raksa (Hg)	mg/l	0,0032	0,0042	0.0002	0,008	0,0043	0.01

Sumber : Hasil Analisa \*melebihi baku mutu

Berdasarkan hasil analisa pada musim kemarau empat dari lima titik pengamatan kandungan DO nya berada di bawah baku mutu bahkan di dua titik pengamatan mencapai nilai nol berarti kondisi septik telah terjadi di bagian

sungai tersebut. Nilai pH cukup tinggi bahkan ada satu bagian sungai yang melebihi baku mutu. Konsentrasi raksa dan Oksigen terlarut pada Bulan April dan Agustus dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Analisa Kualitas Air Sungai Citarum Hulu Bulan Agustus 2010 (Kemarau)

No	Parameter	Satuan	Data Hasil Analisa					Baku Mutu B, C, D
			CTR-1	CTR-2	CTR-3	CTR-I	CTR-5	
1	DHL	$\mu\text{S/cm}$	149	1240	508	630	469	2250
2	Suhu	$^{\circ}\text{C}$	30,7	27,8	17,5	26	26	-
3	Oksigen Terlarut (DO)	mg/l	5	0,9*	0*	0,2*	0,2	>3
4	pH		8,9	10,4*	7	7,96	7,96	6-9
5	Raksa (Hg)	mg/l	0,0004	0,0007	0,004	0,0005	0,0005	0,01

Sumber : Hasil Analisa \*melebihi baku mutu

### KARAKTERISTIK MEDIA ADSORPSI

Sebelum digunakan, kedua media adsorpsi diaktivasi dengan cara direndam dalam larutan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  6 M selama 8 jam, kemudian dikeringkan dalam oven  $500^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit. Untuk mengetahui daya serap dari karbon aktif, dilakukan penentuan bilangan Iodium.

Berdasarkan hasil pengukuran angka Iodium, karbon aktif batok kelapa memiliki angka Iodium 251,2 sedangkan karbon aktif kayu 171,84. Sementara itu, angka Iodium untuk arang batok sebelum diaktivasi adalah 72,1 dan untuk arang kayu adalah 8,65. Peningkatan angka Iodium ini disebabkan oleh hilangnya senyawa hidrokarbon dari permukaan arang pada saat aktivasi berlangsung, sehingga arang menjadi aktif.

### PERCOBAAN BOBOT OPTIMUM KARBON AKTIF

**Tabel 3.** Data Pengukuran Efisiensi Penyisihan untuk variasi Berat Optimum Adsorben

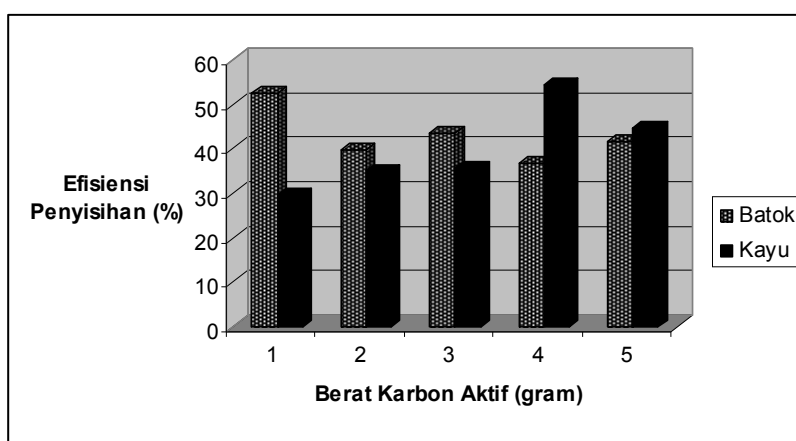
Variasi berat (g)	Arang Batok		Arang Kayu	
	Kons Hg (VI)	Efisiensi penyisihan (%)	Kons Hg (VI)	Efisiensi penyisihan (%)
0	120	0	120	0.0
1	57.03	52.5	84.45	29.62
2	72.18	39.8	77.94	35.05
3	67.64	43.6	77.18	35.68
4	75.82	36.8	54.76	54.37
5	70.21	41.5	66.42	44.65

Sumber: penelitian (2009)

Percobaan untuk menentukan bobot optimum karbon aktif dilakukan dengan memilih 1 konsentrasi yaitu 120 ppm dan waktu pengocokan selama 3

jam, dengan variasi berat karbon aktif 1, 2, 3, 4, dan 5 g. Data pengukuran efisiensi penyisihan untuk variasi berat optimum adsorben dapat dilihat pada Tabel 3

Berdasarkan Tabel 3 dengan menggunakan variasi berat 1 gram sampai 5 gram menunjukkan hasil efisiensi penyisihan sebesar 52,5 % sampai 41,5% untuk arang batok dan 29,62% sampai 44,65% untuk arang kayu. Dari data tersebut menunjukkan arang kayu mempunyai kemampuan menyisihkan Raksa lebih tinggi dibandingkan dengan arang batok. mengingat angka bilangan Iodium. Hubungan antara efisiensi penyisihan dengan variasi berat karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 2.** Efisiensi Penyisihan Adsorpsi Raksa Menggunakan Karbon Aktif Jenis Batok dan Kayu

Gambar 2 memperlihatkan bahwa untuk karbon aktif batok, Raksa diadsorpsi secara optimum dengan bobot 1 g, sebaliknya, bobot optimum karbon aktif kayu untuk mengadsorpsi Raksa adalah 4 g. Hal ini disebabkan karena pada saat adsorben dan larutan berkontak tidak seluruh adsorben dapat menyerap Raksa. Banyaknya partikel adsorben, mengakibatkan partikel yang satu dengan yang lainnya saling berdesakkan dan menggumpal. Percobaan ini juga menunjukkan adanya hubungan antara berat media yang berbanding terbalik dengan angka iodium.

#### PERCOBAAN WAKTU KONTAK OPTIMUM

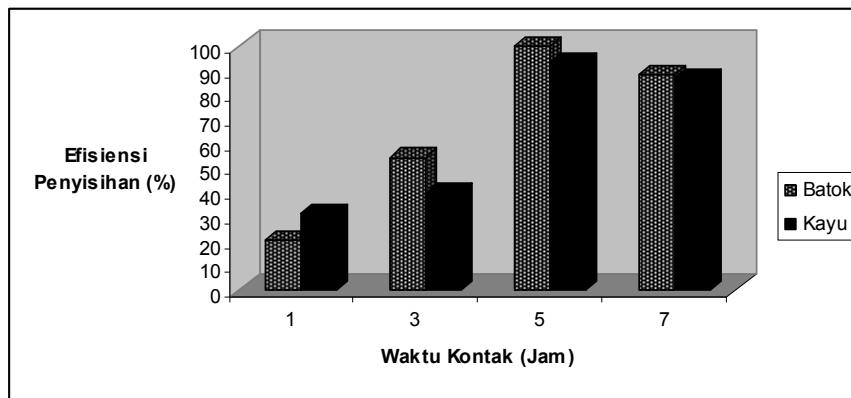
Percobaan untuk menentukan waktu kontak optimum karbon aktif dilakukan dengan variasi waktu kontak 1, 3, 5, dan 7 jam. Data pengukuran efisiensi penyisihan untuk variasi waktu kontak optimum pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4 untuk percobaan variasi waktu kontak digunakan rentang waktu 1 (satu) sampai 7 (tujuh) jam dengan pertimbangan proses adsorpsi akan mencapai titik jenuh pada waktu 7 (tujuh) jam, hal itu terlihat bahwa untuk kedua jenis karbon aktif tersebut mengalami peningkatan efisiensi penyisihan dari 20,4% sampai 88,5% untuk arang batok dan 31.52% sampai 86.69% untuk arang kayu.

**Tabel 4.** Data Pengukuran Efisiensi Penyisihan untuk variasi Waktu Kontak Optimum

Variasi waktu (jam)	Arang Batok		Arang Kayu	
	Kons Hg (VI)	efisiensi penyisihan (%)	Kons Hg (VI)	efisiensi penyisihan (%)
0	120	0	120	0.00
1	95.52	20.4	82.18	31.52
3	54.76	54.4	72.18	39.85
5	0	100	8.09	93.26
7	13.85	88.5	15.97	86.69

Sumber: penelitian (2009)

**Gambar 3.** Efisiensi Penyisihan Adsorpsi Raksa Menggunakan Variasi Waktu Kontak

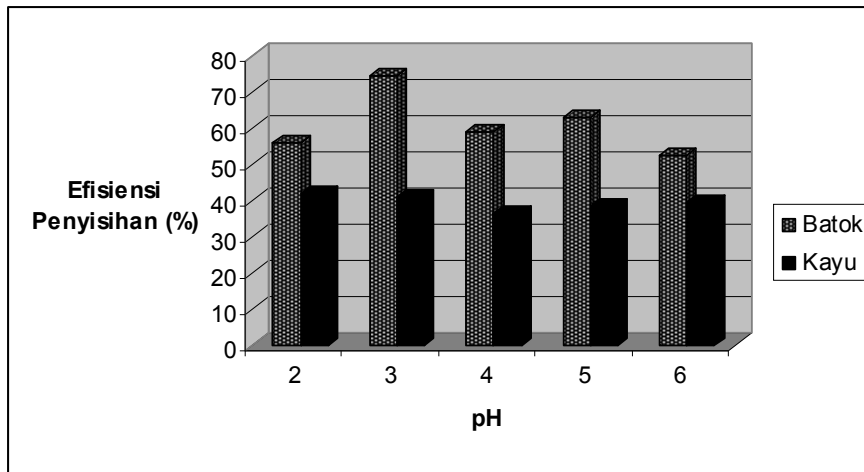
Dari Gambar 3 terlihat bahwa baik untuk karbon aktif batok, maupun karbon aktif kayu, waktu optimum yang untuk mengadsorpsi Raksa adalah 5 jam. Dalam waktu 5 jam, hampir seluruh pori-pori karbon aktif terisi oleh adsorbat. Setelah lebih dari 5 jam, mulai terlihat adanya penurunan persen efisiensi penyisihan karbon aktif terhadap Raksa, hal ini disebabkan keadaan karbon aktif yang sudah jenuh, sehingga kemampuan mengadsorpsi Raksa mulai menurun. Dari percobaan ini diketahui bahwa 5 jam merupakan waktu equilibrium karbon aktif.

#### PERCOBAAN pH OPTIMUM

Percobaan untuk menentukan pH optimum dilakukan dengan variasi pH 2, 3, 4, 5, dan 6. pH divariasikan asam karena mempertimbangkan sifat dasar logam berat yang akan terlarut pada kondisi asam sehingga akan memudahkan proses adsorpsi. Pengukuran efisiensi penyisihan untuk variasi pH disajikan pada Gambar 4.

Gambar 4 memperlihatkan arang batok dan arang kayu mengalami peningkatan efisiensi penyisihan seiring dengan penurunan nilai pH. Untuk arang batok efisiensi penyisihan pada pH dua sebesar 56%, sedangkan untuk arang kayu sebesar 42%. Gambar 4 memperlihatkan bahwa untuk karbon aktif batok, Raksa diadsorpsi secara optimum pada pH 3, dan pada pH 2 untuk karbon aktif

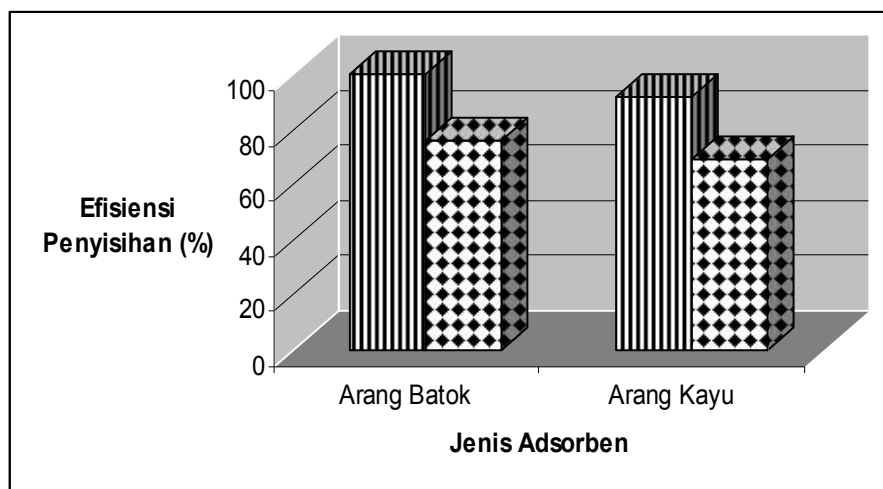
kayu. kedua jenis karbon aktif ini mengadsorpsi Raksa pada kondisi asam (pH rendah), seiring dengan kenaikan pH, kemampuan adsorpsi karbon aktif menurun. Hal ini diakibatkan permukaan karbon aktif menjadi semakin negatif akibat mengikat ion OH<sup>-</sup> dari larutan.



Gambar 4. Grafik Efisiensi Adsorpsi Raksa pada Proses Adsorpsi Menggunakan Variasi pH

**PERCOBAAN PENURUNAN KONSENTRASI RAKSA DENGAN KONDISI OPTIMUM**

Setelah diperoleh nilai pH optimum yaitu 3 untuk arang batok dan 2 untuk arang kayu, berat optimum 1 gram, dan waktu kontak optimum 5 jam untuk kedua jenis karbon aktif tersebut, penelitian dilanjutkan untuk mengetahui kemampuan kedua jenis karbon aktif tersebut dalam menyisihkan Raksa dengan menggunakan nilai parameter optimum hasil percobaan sebelumnya. Penelitian ini digunakan konsentrasi Raksa sebesar 10 dan 20 ppm. Data pengukuran efisiensi penyisihan Raksa dengan menggunakan parameter optimum dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Efisiensi Penyisihan Raksa pada Proses Adsorpsi Menggunakan Bobot, Waktu Kontak dan pH Optimum



Berdasarkan hasil penelitian efisiensi penyisihan menunjukkan bahwa arang batok mempunyai kemampuan menyerap Raksa sebesar 100% dan arang kayu 91,82% pada konsentrasi 10 ppm, tetapi ketika konsentrasi dinaikan menjadi 20 ppm efisiensi penyisihan mengalami penurunan menjadi 76,21% untuk arang batok dan 69,39% untuk arang kayu, untuk lebih jelasnya lihat Gambar 5. Dari grafik tersebut terlihat bahwa pada kondisi optimumnya, kedua jenis karbon aktif mampu menyisihkan logam berat Raksa. Karbon aktif batok memiliki nilai efisiensi penyisihan yang lebih besar daripada karbon aktif kayu. hal ini menunjukkan bahwa angka Iodium yang lebih besar mampu mengadsorpsi Raksa lebih baik dibandingkan dengan angka Iodium yang lebih rendah

### KESIMPULAN

Kondisi optimum karbon aktif batok untuk mengadsorpsi Raksa adalah dengan bobot 1 g; waktu kontak selama 5 jam dan pada pH 3 sedangkan kondisi optimum karbon aktif kayu untuk mengadsorpsi Raksa adalah dengan bobot 4 g; waktu kontak selama 5 jam dan pada pH 2.

Pada kondisi-kondisi optimumnya, kedua jenis karbon aktif mampu mengadsorpsi Raksa. Karbon aktif batok dengan angka Iodium yang lebih tinggi mengadsorpsi Raksa lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif kayu yang memiliki angka Iodium yang lebih rendah ditunjukkan dengan hasil efisiensi penyisihan Raksa 100% untuk konsentrasi Raksa 10 ppm.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Mission (Im)possible di Waduk Saguling. *Pikiran Rakyat*. 2009.
- Bastian, (2002), *Adsorpsi Mercury dalam Air oleh Pertikel Kayu*, Disertasi Program Doktor, Institut Teknologi Bandung, 50-90
- Hadi A, *Pengambilan Sampel Lingkungan*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2005.
- Metcalf & Eddy, *Waste Water Engineering*. Mc Graw Hill, USA, 1991.
- Ouki SK and Neufeld RD, Use of activated carbon for the recovery of chromium from industrial wastewaters. *J. Chem Tech Biotechnol* hlm 70:3-8 (2007).
- Selomulya C, Meeyo V and Amal R, Mechanism of Cr(VI) removal from water by various types of activated carbons. *J. Chem Biotechnol* hlm 74:111-122 (1999).
- Standar Methods For Environmental of Water and Wastewater. *American Public Health Association*. 1995
- Suardana N, Optimalisasi daya adsorpsi zeolit terhadap ion kromium(III). *J. Penelitian dan Pengembangan Sains & Humaniora* 2(1): hlm 17-33 (2008)