

KEEFEKTIFAN PENGOLAHAN ANTARA ABU TERBANG DENGAN KARBON AKTIF TERHADAP KEBUTUHAN OKSIGEN KIMIA (KOK), WARNA DAN LOGAM BERAT AIR LINDI SAMPAH

Oleh : Tibin R Prayudi

Pusat Libang Permukiman Jl.Panyaungan Cileunyi Wetan-Kab.Bandung 40393

E-mail : aatbn@yahoo.com

Tanggal masuk naskah: 20 Januari 2009, Tanggal disetujui: 21 Agustus 2009

Abstrak

Penelitian pengolahan air lindi sampah dengan menggunakan abu terbang dan karbon aktif pada dosis tertentu dilatarbelakangi oleh penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mott dan Weber (1992), Viraraghavan dan Alfaro (1994), Vijender Sahu , R. P. Dahiya, K. Gadgil .(2005), yang menghasilkan bahwa abu terbang dapat menurunkan kandungan KOK, warna dan logam berat air buangan rumah tangga. Penelitian eksperimental di laboratorium dilakukan dengan pengadukan abu terbang dan karbon aktif dengan air lindi sampah pada kecepatan 100 rpm selama satu jam, pada dosis 15, 25, 35, 50, 100 dan 150 mg/liter. Hasil pengadukan didiamkan selama 30 menit lalu diperiksa Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK), Warna dan Logam Beratnya. Efektifitas abu terbang dan karbon aktif ditentukan pada perbandingan persentase perubahan parameter air baku dengan air hasil pengadukan air lindi sampah dengan abu terbang dan karbon aktif. Dari analisis data atau pembahasan ternyata dengan pemakaian abu terbang dapat menurunkan kandungan KOK sampai 100 %, dapat menurunkan kandungan warna sampai 99,72 %, menambah kandungan Fe sebesar 27,39%, menurunkan kandungan Zn sampai 91,57 %, dan menurunkan kandungan Cu sebesar 94,02 %, sedangkan dengan pemakaian karbon aktif penurunan KOK hanya 4,62 %, memperbesar kandungan warna, sebesar 14,47 %, menurunkan kandungan Fe sampai 27,65 %, menurunkan kandungan Zn hanya 40,76 %, menurunkan kandungan Cu hanya 21,31%. Jadi pemakaian abu terbang akan lebih efektif dalam menurunkan KOK, warna, Zn, dan Cu air lindi, sedangkan karbon aktif lebih efektif dalam menurunkan Fe air lindi.

Kata Kunci : Abu terbang, karbon aktif, air lindi, kebutuhan oksigen kimia (KOK)

Abstract

Several investigations (Mott and Weber, 1992; Viraraghavan and Alfaro, 1994, Vijender Sahu , R. P. Dahiya, K. Gadgil .2005) explored the use of fly ash and activated carbon as an adsorbent for the treatment of wastewater to remove a variety of organic compounds, colour, and heavy metal. However, a review of the literature showed that very little investigation has been conducted to find out the suitability of fly ash or activated carbon for the removal of COD, colour and heavy metal from the leachate. The batch experiments were run in different glass flask of 500 ml capacity using the stirring speed on 100 rpm. A known volume of sample was treated with different doses of fly ash or activated carbon 15, 25, 35, 50, 100 and 150 mg/litre. By using fly ash as an adsorbent, the COD removal was up to 100 %, Colour removal was 99,72 %, , Zn removal was 91,57 %, Cu removal was 94,02 %, and increased the Fe content to 27,39 %. Compared to utilization the activated carbon as adsorbent, the results obtained were : COD removal was 4,62 %, Fe removal was 27,65 %, Zn removal was 40,76 %, Cu removal was 21,31%, but colour was increase to 14,47 %. It could be concluded that fly ash is more effective adsorbent for decreasing COD, Colour, Zn and Cu concentration in leachate but activated carbon is more effective for decreasing Fe concentration in leachate.

Keywords: Fly ash, activated carbon, leachate, chemical oxygen demand (COD)

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kandungan Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) atau Chemical Oxygen Demand (COD) dan warna pada air lindi sampah ditimbulkan oleh adanya zat organik, sehingga pengukuran parameter KOK dan warna pada air lindi sampah merupakan salah satu indikator yang diuji dalam mengukur karakteristik air lindi sampah. Bila kandungan KOK, warna, logam berat ini mencemari sumber air yang dikonsumsi oleh masyarakat maka akan menimbulkan penurunan kondisi kesehatan masyarakat.

Penelitian sebelumnya mengenai penggunaan abu terbang untuk mengolah air buangan rumah tangga telah dilakukan oleh Mott dan Weber (1992), Viraraghavan dan Alfaro (1994), Vijender Sahu, R. P. Dahiya, K. Gadgil (2005), yang menghasilkan bahwa abu terbang dapat menurunkan kandungan KOK, warna dan logam berat air buangan rumah tangga. K.Vasanth Kumar dan kawan-kawan (2004), serta Vijender Sahu, R. P. Dahiya, K. Gadgil (2005), telah melakukan penelitian, yang menghasilkan bahwa karbon aktif dapat menurunkan KOK air buangan rumah tangga dengan metoda pengujian secara adsorpsi.

Dengan latar belakang penelitian yang sudah dilaksanakan tersebut, maka dilakukan penelitian untuk melihat efektifitas abu terbang dan karbon aktif dalam mengolah air lindi sampah. Penerapan abu terbang dan karbon aktif untuk mengolah air lindi sampah melalui proses adsorpsi dilakukan dengan cara menbubuhkan abu terbang atau karbon aktif ke dalam air lindi sampah lalu diaduk pada waktu dan kecepatan tertentu merupakan suatu inovasi teknologi yang diperkirakan dapat mengurangi zat organik yang diukur sebagai KOK, warna, dan logam berat air lindi sampah.

Karbon aktif dipakai sebagai pembanding untuk abu terbang, karena karbon aktif sudah umum dipakai sebagai bahan pengolahan air buangan.

Rumusan Masalah

Membandingkan efektifitas antara abu terbang dan karbon aktif yang digunakan sebagai bahan pengolahan air lindi sampah dalam mengurangi kandungan KOK, warna, dan logam berat yang terkandung pada air lindi sampah.

Tujuan dan Sasaran Penelitian

Tujuan penelitian adalah mendapatkan informasi tentang :

- perubahan kandungan zat organik
 - perubahan warna
 - perubahan logam berat,
- pada air lindi sampah setelah dicampur dengan abu terbang dan karbon aktif

Sasaran Penelitian

Memanfaatkan abu terbang sebagai bahan pengolahan zat organik, warna, dan logam berat pada air lindi sampah.

KAJIAN PUSTAKA

Karakteristik Air Lindi Sampah

Air lindi banyak mengandung beban polutan dibandingkan dengan air kotor rumah tangga atau buangan cair dari industri. Karakteristik air lindi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tipe dan ketinggian sampah ditimbun, umur sampah, kecepatan pengaliran air, desain dan operasi pengolahan di Tempat Pembuangan Akhir sampah, dan keterkaitan air lindi dengan lingkungannya. Kandungan organik air lindi secara umum diukur melalui parameter Kebutuhan Oksigen Biologi (KOB), atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK). Komposisi air lindi dengan umur penimbunan sampah satu, lima dan 16 tahun tercantum pada tabel 1.

Tabel 1.
Komposisi Air Lindi Sampah

Parameter	Umur <i>Landfill</i>		
	1 Tahun	5 Tahun	16 Tahun
BOD	7,500-28,000	4,000	80
COD	10,000-40,000	8,000	400
pH		6,3	-

Lanjutan Tabel 1

Parameter	Umur <i>Landfill</i>		
	1 Tahun	5 Tahun	16 Tahun
TDS	5,2-6,4	6,794	1,200
TSS	10,000-14,000	-	-
Alkalinity (CaCO ₃)	100-700	5,810	2,250
Total P	800-4,000	12	8
NH ₄ -N	25-35	-	-
Nitrate	5-482	0.5	1.6
Calcium	0.2-0.8	308	109
Chloride	900-1,700	1,330	70
Sodium	600-800	810	34
Potassium	450-500	610	39
Sulfate	295-310	2	2
Mangan	400-650	0.06	0.06
Magnesium	75-125	450	90
Besi	160-250	6.3	0.6
Seng	210-325	0.4	0.1
Tembaga		<0.5	<0.5
Cadmium		<0.05	<0.05
Timah		0.5	1.0
		-	-

Sumber : Syed R Qasim, Walter Chiang, *Sanitary Landfill Leachate*, hal 140

Catatan : satuan dalam mg/l, kecuali pH

Bahan Adsorpsi

Karbon aktif adalah material yang berbentuk butiran (granular) atau bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon misalnya batu-bara, kulit kelapa. Dengan pengolahan tertentu (tekanan tinggi), dapat diperoleh karbon aktif yang memiliki permukaan dalam yang luas (proses aktivasi). Berdasarkan informasi di situs O-Fish:Filter Kimia dinyatakan bahwa secara umum karbon/arang aktif biasanya dibuat dari arang tempurung kelapa dengan pemanasan pada suhu 600-2000°C pada tekanan tinggi. Pada kondisi ini akan terbentuk rekahan-rekahan (rongga) sangat halus dengan jumlah yang sangat banyak,

sehingga luas permukaan arang tersebut menjadi besar, sehingga sangat efektif dalam menangkap partikel-partikel yang sangat halus berukuran 0.01-0.0000001 mm. Karbon aktif bersifat sangat aktif dan akan menyerap apa saja yang kontak dengan karbon tersebut, baik di air maupun di udara.

Pemakaian karbon aktif untuk bahan adsorpsi masih mempunyai kelemahan, harganya mahal dan tidak tahan lama karena sekitar 10-15 % akan hancur pada saat regenerasi. (K Vasanth Kumar, 2004).

Adsorben khusus seperti abu terbang, batu bara muda, serpihan kayu atau *saw dust* juga telah dimanfaatkan dalam pengujian pada kandungan bahan-bahan yang sukar dihilangkan. (Pandey, et al, 1985).

Beberapa penelitian dalam penggunaan abu terbang sebagai adsorben dalam mengolah air buangan rumah tangga untuk menghilangkan materi organik, warna dan logam berat telah dilakukan oleh Mott dan Weber, (1992); Viraraghavan dan Alfaro, (1994).

Hasil Penggunaan Bahan Adsorpsi Abu Terbang

Dari penelitian yang sudah dilakukan dalam mengolah air buangan rumah tangga dengan menggunakan abu terbang, yang telah dilakukan oleh Banerjee (1995), dinyatakan bahwa kandungan karbon dalam abu terbang berperan penting selama proses adsorpsi kandungan organik air buangan rumah tangga. Kapasitas adsorpsi akan meningkat sesuai dengan peningkatan kandungan karbon dalam abu terbang.

Volume Abu terbang

Menurut data Direktorat Pengusahaan Mineral dan Batubara, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral pada tahun 2004, di Laporan *Studi Pengelolaan Limbah Fly Ash* (Abu Terbang) dan *Bottom Ash* Sisa Pembakaran Batubara, bahwa kebutuhan batubara dalam negeri adalah sebesar 36,1 juta metrik ton dan apabila dari total kebutuhan tersebut menghasilkan limbah abu terbang (*fly ash*)

sebesar 1% - 5%, maka akan ada sekitar 360.000 – 1.800.000 metrik ton abu terbang yang harus dikelola dan masih berpotensi untuk dimanfaatkan. Angka itu belum ditambah dengan limbah abu dasar (*bottom ash*) yang juga dihasilkan pada saat pembakaran batubara yaitu berkisar antara 5% - 10% sehingga total volume abu terbang (*fly ash*) dan *bottom ash* menjadi sekitar 720.000-3.600.000 metrik ton. (Sukandarrumidi, 2006).

Sebagian besar dari abu terbang tersebut hanya dimanfaatkan sebagai tanah penimbun, sehingga menimbulkan masalah lingkungan antara lain pelepasan unsur-unsur beracun ke dalam air tanah, penurunan aktivitas mikroba dan peningkatan pH tanah.

Sifat-sifat Fisik, Kimia dan Mineral Abu Terbang

Sifat-sifat fisika, kimia dan mineralogi abu terbang tergantung pada komposisi batubara awal, kondisi pembakaran, kinerja dan efisiensi alat pengontrol emisi, penanganan dan penyimpanan serta iklim. Abu terbang terdiri dari partikel-partikel dengan ukuran antara 0,01 – 100 um, berat jenis bervariasi antara 2,1-2,6 g/cm³ dan luas permukaan antara 0,17 – 1,00 m²/kg. Warna abu terbang abu-abu hingga hitam tergantung pada jumlah karbon yang tidak terbakar dalam abunya. Semakin cerah warnanya semakin rendah kandungan karbonnya. Sebagian besar partikel penyusun abu terbang berbentuk bola, sebagian berongga dan lainnya terisi oleh partikel amorf dan kristal-kristal yang lebih kecil. Komposisi kimia unsur utama abu terbang secara umum dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

- Oksida logam seperti SiO₂, Al₂O₃, TiO₂
 - Oksida logam basa seperti Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O, Na₂O
 - Oksida unsur lainnya seperti P₂O₅, SO₃.
 - Sisa karbon dan lain-lain.
- (Sukandarrumidi, 2006).

Secara kimia, unsur utama penyusun abu terbang Si, Al, Fe, serta CA, K, Na dan Ti dalam prosentase yang cukup berarti, selain komponen utama tersebut, abu terbang (*fly ash*) juga

mengandung unsur lain dalam jumlah sedikit, yaitu As, Be, Se. (*Studi Pengelolaan Limbah Fly Ash (Abu Terbang) dan Bottom Ash Sisa Pembakaran Batubara, Direktorat Pengusahaan Mineral dan Batubara, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2004*)

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian

Penelitian eksperimental di laboratorium dilakukan melalui pengamatan terhadap beberapa gelas kimia volume 500 ml yang diisi air lindi dan ditambah abu terbang atau karbon aktif dengan dosis 15, 25, 35, 50, 100 dan 150 mg/liter. Campuran tersebut akan diaduk dengan kecepatan 100 rpm dan lama pengadukan 60 menit. Setelah diaduk, campuran didiamkan sekitar 30 menit, kemudian dilakukan pengukuran kandungan KOK dengan metode refluks terbuka yang dilanjutkan dengan titrasi dengan ferro aluminium sulfat, warna diukur dengan spektrometer, dan logam berat dengan *Atomic Absorption Spectrometer* (AAS) pada setiap dosis pemakaian abu terbang atau karbon aktif.

Pada penelitian ini, tidak diperiksa karakteristik abu terbang dan karbon aktif.

Data yang Dikumpulkan Parameter Karakteristik Air Lindi Sampah

Parameter karakteristik air lindi sampah yang diperiksa adalah KOK, warna, logam berat Fe, Zn dan Cu.

Metode Analisis

Secara deskriptif, yaitu suatu data yang akan disajikan dalam bentuk tabel berdasarkan hasil pengadukan air lindi sampah ditambah abu terbang atau karbon aktif, sedangkan perhitungan efisiensi proses penurunan kandungan KOK, warna, Fe, Zn, dan Cu, adalah nilai yang menunjukkan perbandingan antara besarnya nilai parameter yang masuk ke suatu proses dengan nilai yang keluar dari proses tersebut. Besarnya efisiensi dinyatakan dalam bentuk prosentase (%), dengan rumusan :

$$E_f = \frac{C_o - C_i}{C_o} \times 100 \%,$$

dimana :

E_f = efisiensi proses penurunan parameter (%)

C_o = konsentrasi parameter saat masuk ke proses

C_i = konsentrasi parameter saat keluar dari proses

DATA HASIL PEMERIKSAAN

Pemeriksaan Kualitas Air Hasil Pengadukan

Data hasil pemeriksaan karakteristik air lindi, tercantum seperti pada tabel 2, dan 4. Tabel 3 dan 5 menyajikan persentase perubahan parameter karakteristik air lindi sampah yang diperiksa.

Tabel 2.
Hasil Pemeriksaan dan Pengamatan Pengadukan Air Lindi Sampah dengan Abu Terbang terhadap Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK), Warna, Fe, Zn, dan Cu

Sumber/hasil pengadukan 100 rpm, t = 1 jam	Parameter				
	KOK (mg/l)	Warna (PtCo)	Fe (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)
Baku Air Lindi	446,2	4630	3,183	0,368	0,502
Dosis Abu terbang = 15 mg/l + Air Lindi	278,16	370	3,092	0,315	0,386
Dosis Abu terbang = 25 mg/l + Air Lindi	273,6	321	3,237	0,232	0,322
Dosis Abu terbang = 35 mg/l + Air Lindi	220,16	280	3,214	0,175	0,282
Dosis Abu terbang = 50 mg/l + Air Lindi	147,44	183	3,703	0,146	0,173
Dosis Abu terbang = 100 mg/l + Air Lindi	115,52	79	3,97	0,077	0,064
Dosis Abu terbang = 150 mg/l + Air Lindi	tt	13	4,055	0,031	0,03

Sumber : Hasil pemeriksaan kualitas air kotor di Lab. Balai LP, 2008

Catatan : tt = tidak terdeteksi

Tabel 3.
Persentase Perubahan Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK), Warna, Fe, Zn, dan Cu pada Pengadukan Air Lindi Sampah dengan Abu Terbang

Hasil pengadukan 100 rpm, t = 1 jam	Parameter (%)				
	KOK	Warna	Fe	Zn	Cu
Dosis Abu terbang = 15 mg/l	37,56	92	2,86	1,44	23,11
Dosis Abu terbang = 25 mg/l	38,68	93,31	-1,69	36,95	35,86
Dosis Abu terbang = 35 mg/l	50,66	93,95	-0,97	52,44	43,82
Dosis Abu terbang = 50 mg/l	66,96	96,05	-16,33	60,32	65,54
Dosis Abu terbang = 100 mg/l	74,11	98,89	-24,72	79,26	87,25
Dosis Abu terbang = 150 mg/l	100	99,72	-27,39	91,57	94,02

Sumber : Hasil perhitungan dari tabel 2, 2008

Catatan : (-) terjadi penambahan kandungan parameter

Tabel 4.
Hasil Pemeriksaan dan Pengamatan Pengadukan Air Lindi Sampah dengan Karbon Aktif
terhadap Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) , Warna, Fe, Zn, dan Cu

Sumber/hasil pengadukan 100 rpm, t = 1 jam	Parameter				
	KOK (mg/l)	Warna (PtCo)	Fe (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)
Baku Air Lindi	446,2	4630	3,183	0,368	0,502
Dosis Karbon Aktif = 15 mg/l + Air Lindi	324,1	5200	2,976	0,342	0,473
Dosis Karbon Aktif = 25 mg/l + Air Lindi	368,7	5480	2,99	0,341	0,484
Dosis Karbon Aktif = 35 mg/l + Air Lindi	357,5	4800	2,983	0,345	0,491
Dosis karbon Aktif = 50 mg/l + Air Lindi	434,9	5010	2,99	0,266	0,483
Dosis Karbon Aktif = 100 mg/l + Air Lindi	423,8	5330	2,491	0,256	0,423
Dosis Karbon Aktif = 150 mg/l + Air Lindi	425,6	5300	2,303	0,218	0,395

Sumber : Hasil pemeriksaan kualitas air kotor di Lab. Balai LP, 2008

Tabel 5.
Persentase Perubahan Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) , Warna, Fe, Zn, dan Cu pada
Pengadukan Air Lindi Sampah dengan Karbon Aktif

Hasil pengadukan 100 rpm, t = 1 jam	Parameter (%)				
	KOK	Warna	Fe	Zn	Cu
Dosis Karbon Aktif = 15 mg/l	27,36	-12,31	6,5	7,06	5,78
Dosis Karbon Aktif = 25 mg/l	17,37	-18,36	6,06	7,34	1,59
Dosis Karbon Aktif = 35 mg/l	19,88	-3,67	6,28	0,01	2,19
Dosis Karbon Aktif = 50 mg/l	2,53	-8,21	6,06	27,71	3,78
Dosis Karbon Aktif = 100 mg/l	5,02	-15,12	21,74	30,43	15,73
Dosis Karbon Aktif = 150 mg/l	4,616	-14,47	27,65	40,76	21,31

Sumber : Hasil perhitungan dari tabel 4, 2008

Catatan : (-) terjadi penambahan kandungan parameter

Tabel 6.
Persentase Perubahan Kandungan KOK, Warna, Fe, Zn, dan Cu Air Lindi Sampah

Dosis (mg/l)	Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) (%)		Warna (%)		Fe (%)		Zn (%)		Cu (%)	
	Abu Terbang	Karbon Aktif	Abu Terbang	Karbon Aktif	Abu Terbang	Karbon Aktif	Abu Terbang	Karbon Aktif	Abu Terbang	Karbon Aktif
	15	37,56	27,36	92,00	(12,31)	2,86	6,50	1,44	7,06	23,11
25	38,68	17,37	93,31	(18,36)	(1,69)	6,06	36,95	7,34	35,86	1,59
35	50,66	19,88	93,95	(3,67)	(0,97)	6,28	52,44	0,01	43,82	2,19
50	66,96	2,53	96,05	(8,21)	(16,33)	6,06	60,32	27,71	65,54	3,78
100	74,40	5,02	98,89	(15,12)	(24,72)	21,74	79,26	30,43	87,25	15,73
150	100,00	4,62	99,72	(14,47)	(27,39)	27,65	91,57	40,76	94,02	21,31

Sumber : Tabel 3 dan Tabel 5, 2008

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis dan pembahasan didasarkan pada tabel 6.

a) **Persentase Perubahan Kandungan Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) Air Lindi Sampah**

Pada pemakaian abu terbang dengan dosis 15 mg/liter, kandungan KOK turun 37,56 % sedangkan pemakaian karbon aktif dengan dosis 15 mg/liter kandungan KOK turun 27,36 %. Dengan pemakaian abu terbang, kandungan KOK terus menurun hampir 100 % pada dosis 150 mg/liter sebaliknya dengan pemakaian karbon aktif 150 mg/liter, penurunan kandungan KOK makin kecil hanya 4,62 %. Jadi makin besar dosis abu terbang yang digunakan makin besar pula persentase penurunan kandungan KOK air lindi sampah, sebaliknya, makin besar dosis karbon aktif yang digunakan, makin kecil pula persentase penurunan kandungan KOK air lindi sampah. Keadaan ini perlu dikaji lebih mendalam, faktor apa yang terdapat dalam karbon aktif yang dapat memperkecil penurunan kandungan KOK bila terus ditambah dosis.

b) **Persentase Perubahan Warna Air Lindi Sampah**

Pemakaian abu terbang dengan dosis 15 mg/liter sampai 150 mg/liter, warna turun dari 92 % sampai 99,72 %. Sedangkan pemakaian karbon aktif dengan dosis 15 mg/liter sampai 150 mg/liter, warna air lindi sampah menjadi bertambah persentasenya, yaitu sebesar 12,31 % sampai 14,47 %. Jadi dengan pemakaian abu terbang, makin besar dosis yang digunakan makin besar pula persentase penurunan warna air lindi sampah dan terbalik dengan karbon aktif, semakin besar dosis yang digunakan makin memperbesar persentase penambahan warna.

c) **Persentase Perubahan Fe di Air Lindi Sampah**

Pemakaian abu terbang dengan dosis 15 mg/liter dapat menurunkan kandungan Fe sekitar 2,86 %, tetapi dengan

bertambahnya dosis sampai 150 mg/liter, kandungan Fe menjadi bertambah dengan persentase kenaikannya sebesar 27,39 %.

Penambahan kandungan Fe air lindi sampah mungkin akibat kandungan Fe di abu terbang.

Kandungan Fe pada abu terbang sekitar 13,12 sampai 45,38 % sebagai Fe_2O_3 . Sedangkan pemakaian karbon aktif pada dosis 15 mg/liter sampai 150 mg/liter, Fe air lindi sampah, persentase penurunannya semakin besar yaitu dari 6,50 % menjadi 27,65 %. Jadi dengan pemakaian abu terbang, makin besar dosis abu terbang yang digunakan akan memperbesar kandungan Fe air lindi sampah, terbalik dengan karbon aktif, makin besar dosis karbon aktif yang digunakan maka akan memperkecil kandungan Fe.

d) **Persentase Perubahan Zn di Air Lindi Sampah**

Pemakaian abu terbang dengan dosis 15 mg/liter sampai 150 mg/liter, kandungan Zn turun 1,44 % sampai 91,57 %, sedangkan pemakaian karbon aktif dengan dosis 15 mg/liter sampai 150 mg/liter, kandungan Zn turun 7,06 % sampai 40,76 %. Dari data tersebut menunjukkan, bahwa pemakaian abu terbang lebih besar menurunkan kandungan Zn air lindi sampah dibandingkan dengan pemakaian karbon aktif.

e) **Persentase Perubahan Cu di Air Lindi Sampah**

Pemakaian abu terbang dengan dosis 15 mg/liter sampai 150 mg/liter, kandungan Cu turun 23,11 % sampai 94,02 %, dengan dosis 15 mg/liter sampai 150 mg/liter, kandungan Cu turun 5,78 % sampai 21,31 %. Dari data tersebut menunjukkan, bahwa dengan pemakaian abu terbang, kandungan Cu air lindi sampah akan lebih besar penurunannya dibandingkan dengan pemakaian karbon aktif.

KESIMPULAN

- a. Dalam menurunkan KOK air lindi sampah, pemakaian abu terbang lebih efektif dibandingkan dengan pemakaian karbon aktif, misalnya pada pemakaian dosis 50 mg/lit, kemampuan abu terbang dapat menurunkan KOK adalah 26,46 kali lebih efisien dibandingkan dengan pemakaian karbon aktif.
- b. Dalam menurunkan warna air lindi sampah, pemakaian abu terbang lebih efektif dibandingkan dengan karbon aktif, misalnya pada pemakaian dosis 50 mg/lit, kemampuan abu terbang dapat menurunkan warna adalah 12,7 kali lebih efisien dibandingkan dengan pemakaian karbon aktif.
- c. Dalam menurunkan Zn air lindi sampah, pemakaian abu terbang lebih efektif dibandingkan dengan karbon aktif, misalnya pada pemakaian dosis 50 mg/lit, kemampuan abu terbang dapat menurunkan Zn adalah 2,2 kali lebih efisien dibandingkan dengan pemakaian karbon aktif.
- d. Dalam menurunkan Cu air lindi sampah, pemakaian abu terbang lebih efektif dibandingkan dengan pemakaian karbon aktif, misalnya pada pemakaian dosis 50 mg/lit, kemampuan abu terbang dapat menurunkan Cu adalah 17,3 kali lebih efisien dibandingkan dengan pemakaian karbon aktif.
- e. Dalam menurunkan Fe air lindi sampah, pemakaian karbon aktif lebih efektif dibandingkan dengan pemakaian abu terbang, misalnya pada pemakaian dosis 50 mg/lit, kemampuan karbon aktif dapat menurunkan Fe adalah 3,7 kali lebih efisien dibandingkan dengan pemakaian abu terbang.

DAFTAR PUSTAKA

- Banerjee K., Cheremisinoff P. N. and Cheng S.L. 1995. *Sorption of Organic Contaminants by Fly Ash in a Single Solute System*. Environmental Science Technology. 29.
- K. Vasanth Kumar, K. Subanandam, V. Ramamuthi and S. Sivanesan. 2004. *Solid Liquid Adsorption for Wastewater Treatment Principle Design and Operation*. Departemen of Chemical Engineering, Anna University. Chennai, India.
- Mott H.V. and Weber W.J. 1992. Sorption of Low Molecular Weight Organic Contaminants by Fly Ash: *Consideration of Enhancement of Cut of Barrier Performance*. Environmental Science Technology. 26.
- R. Qasim, Syed. Walter Chiang. 1994. *Sanitary Landfill Leachate, Generation, Control and Treatment*. Technomic Publishing Company, Inc. Switzerland.
- Sukandarrumidi. 2006. *Batubara dan Pemanfaatannya*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Viraragharan T. and Dronamraju M.M. 1992. *Utilization of Coal Ash*. Water Pollution Control. Journal Environmental Studies. 40.
- Vijender Sahu, R.P. Dahiya, K. Gadgil. 2005. *Fly Ash Based Low Cost Method for COD Removal from Domestic Waste Water*. Centre for Energy Studies, Indian Institute of Technology, New Delhi.
- , 2004. *Studi Pengelolaan Limbah Fly Ash (Abu Terbang) dan Bottom Ash Sisa Pembakaran Batubara*. Direktorat Pengusahaan Mineral dan Batubara. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- , 2009. O-FISH: Filter Kimia, http://O-Fish.Com/Filter/filter_kimia.php.