

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Cemaran udara telah lama menjadi masalah akan tetapi belum menyadarkan masyarakat untuk ikut dalam upaya penanggulangannya. Saat ini, cemaran udara telah berada pada taraf yang mengkhawatirkan, khususnya cemaran yang dihasilkan oleh industri. Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian Bapedal DKI Jakarta tentang sumber cemaran udara, disebutkan bahwa sumber tetap (industri) merupakan penyumbang terbesar nitrogen dioksida (NO_2) yang setiap tahun memberi beban sebesar 59.421 ton (Yusino 2003).

Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Provinsi DKI Jakarta memberikan laporan terhadap mutu udara ibu kota melalui indeks standar pencemaran udara (ISPU) selama tahun 2001 sebesar 72,05% atau tergolong kategori sedang. Fakta di atas menunjukkan perlu adanya pencegahan cemaran udara, karena tanpa pencegahan, cemaran akan semakin terakumulasi.

Selama ini komposit kompos dan serpihan kayu telah digunakan sebagai media penjerap bahan organik yang mudah-menguap sebagai biofilter. Hasil penelitian Nicolai dan Janni (2007) menyatakan komposit kompos dan serpihan kayu telah digunakan sebagai bahan biofilter yang efektif untuk menghilangkan bau sebesar 78%, mereduksi gas H_2S sebesar 86%, dan reduksi amonia mencapai 50% pada cemaran hasil industri.

Cemaran lain yang dikeluarkan oleh industri dan kendaraan bermotor ialah logam berat seperti timbal, raksa, dan tembaga. Berdasarkan Pyrzynska (2007) arang aktif mampu menyerap logam-logam berat tersebut. Lain halnya dengan kompos dan arang aktif, zeolit mampu menyerap molekul-molekul dengan berbagai macam ukuran (Nor 2006).

Penggabungan keempat komponen komposit kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit merupakan salah satu cara untuk mengurangi dampak cemaran yang dihasilkan industri. Hal ini didasarkan pada cemaran yang dikeluarkan oleh industri tidak hanya mengandung bahan organik mudah-menguap (atsiri), tetapi juga mengandung logam berat dengan ukuran yang beragam. Selain itu, keempat komponen tersedia dalam jumlah yang berlimpah sehingga mudah didapat dan harganya terjangkau. Adapun wujud kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Wujud kompos, serpihan kayu, arang aktif, dan zeolit.

Wujud keempat komponen penyusun biofilter kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit (KAIZ) tersebut sangat mendukung untuk dijadikan media penjerap dan penyerap karena memiliki rongga-rongga. Rongga ini berguna sebagai lintasan gas yang keluar dari cerobong asap sehingga zat cemaran terjerap dengan baik. Dengan demikian, udara yang dikeluarkan dari cerobong asap diharapkan tidak lagi mengandung partikel cemaran yang berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan.

Perumusan Masalah

Upaya penanggulangan cemaran khususnya pencemaran udara mulai dilakukan untuk mengatasi permasalahan lingkungan. Penanggulangan ini tidak hanya dilakukan pada skala nasional bahkan pada tingkat internasional. Ini terbukti dengan diadakannya konferensi tingkat tinggi mengenai perubahan iklim. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menerapkan sistem biofilter

komposit yang berbasis kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit (KAIZ) sebagai bentuk optimasi biofilter yang telah ada. Metode ini cukup realistik untuk diterapkan karena harganya terjangkau serta bahan-bahannya mudah didapat.

Dalam pengembangan KAIZ terdapat berbagai permasalahan yang akan diungkap dalam karya ilmiah ini, yaitu

1. Bagaimana kontribusi industri terhadap kenaikan tingkat pencemaran udara.
2. Bagaimana kelebihan penggabungan kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit sebagai komposit biofilter.
3. Bagaimana merancang biofilter berbasis KAIZ.
4. Kelebihan ekonomis biofilter yang dihasilkan dari KAIZ.

Tujuan

1. Mempelajari kontribusi industri terhadap kenaikan tingkat pencemaran udara.
2. Mengukur kelebihan penggabungan kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit sebagai komposit biofilter.
3. Memberikan metode untuk merancang biofilter berbasis KAIZ.
4. Melihat keuntungan ekonomis biofilter yang dihasilkan dari KAIZ.

Manfaat

1. Diperoleh informasi mengenai kelebihan penggabungan kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit sebagai komposit biofilter.
2. Disosialisasikan informasi mengenai metode untuk merancang biofilter berbasis KAIZ.
3. Diperoleh informasi tentang manfaat KAIZ sebagai biofilter komposit.

TINJAUAN PUSTAKA

Cemaran Udara

Cemaran udara adalah terdapatnya bahan kontaminan di atmosfer karena ulah manusia yang dikeluarkan oleh industri maupun pembangkit listrik antara lain partikel debu, gas SO₂ (sulfur dioksida), NO₂ (nitrogen dioksida), CO (karbon monoksida), H₂S (dihidrogen sulfida), dan gas hidrokarbon (Supriyono 1999). Cerobong pabrik mengeluarkan asap hitam tebal, dan yang paling berbahaya adalah partikel-partikel halus butiran-butiran yang begitu kecil sehingga dapat menembus bagian terdalam paru-paru. Sebagian besar partikel halus ini terbentuk dengan polutan lain, terutama sulfur dioksida dan oksida nitrogen, dan secara kimiawi berubah dan membentuk zat-zat nitrat dan sulfat (www.keluargasehat.com 2008). Sementara itu, hasil penelitian WHO di pusat-pusat lokasi industri terjadi penurunan mutu udara ambien tiga kali lebih buruk dari baku mutu yang telah ditetapkan (Ariyanto 2003).

Senyawa organik yang mudah-menguap mudah bereaksi dengan nitrogen monoksida dengan bantuan sinar matahari menghasilkan ozon pada lapisan bawah atmosfer dan senyawa organik lainnya yang juga dianggap sebagai sumber pencemar udara. Cemaran tersebut meliputi senyawa hidrokarbon aromatik yang beracun dan hidrokarbon aromatik poliinti (Bhattacharjee *et al.* 2002).

Manfaat Kompos Arang Aktif, Serpihan Kayu, dan Zeolit

Di hutan alam, salah satu faktor yang menyegarkan adalah lapisan tanah yang paling atas berbentuk lapukan bahan organik, semakin tebal lapisan tersebut maka wilayah tersebut semakin sejuk (Juju 2007). Arang aktif adalah arang yang telah mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimianya karena dilakukan aktivasi dengan aktuator bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada suhu 500°C sehingga daya serapnya lebih dari 20% dan luas permukaan partikel serta kemampuan arang tersebut menjadi lebih tinggi (Sembiring dan Sinaga 2003, Pari

2002). Kapasitas arang aktif dalam menyerap Hg^{2+} sebesar $20,3 \text{ mg g}^{-1}$ dan Cu^{2+} sebesar 16 mg g^{-1} (Pyrzynska 2007).

Serpihan kayu merupakan runtuhan kayu yang berasal dari pohon. Hasil penelitian Mann *et al.* (2002) menunjukkan bahwa serpihan kayu cemara mampu mengurangi bau mencapai 76%. Sementara itu, zeolit merupakan kelompok mineral aluminosilikat yang mempunyai struktur yang khas, permukaan yang luas dan muatan negatif yang tinggi. Sehubungan dengan sifat-sifat tersebut, bahan ini dapat digunakan sebagai penyerap unsur atau senyawa yang tidak diinginkan seperti logam-logam berat, diantaranya Pb, Hg, dan Cu (Mulyanto dan Suwardi 2006).

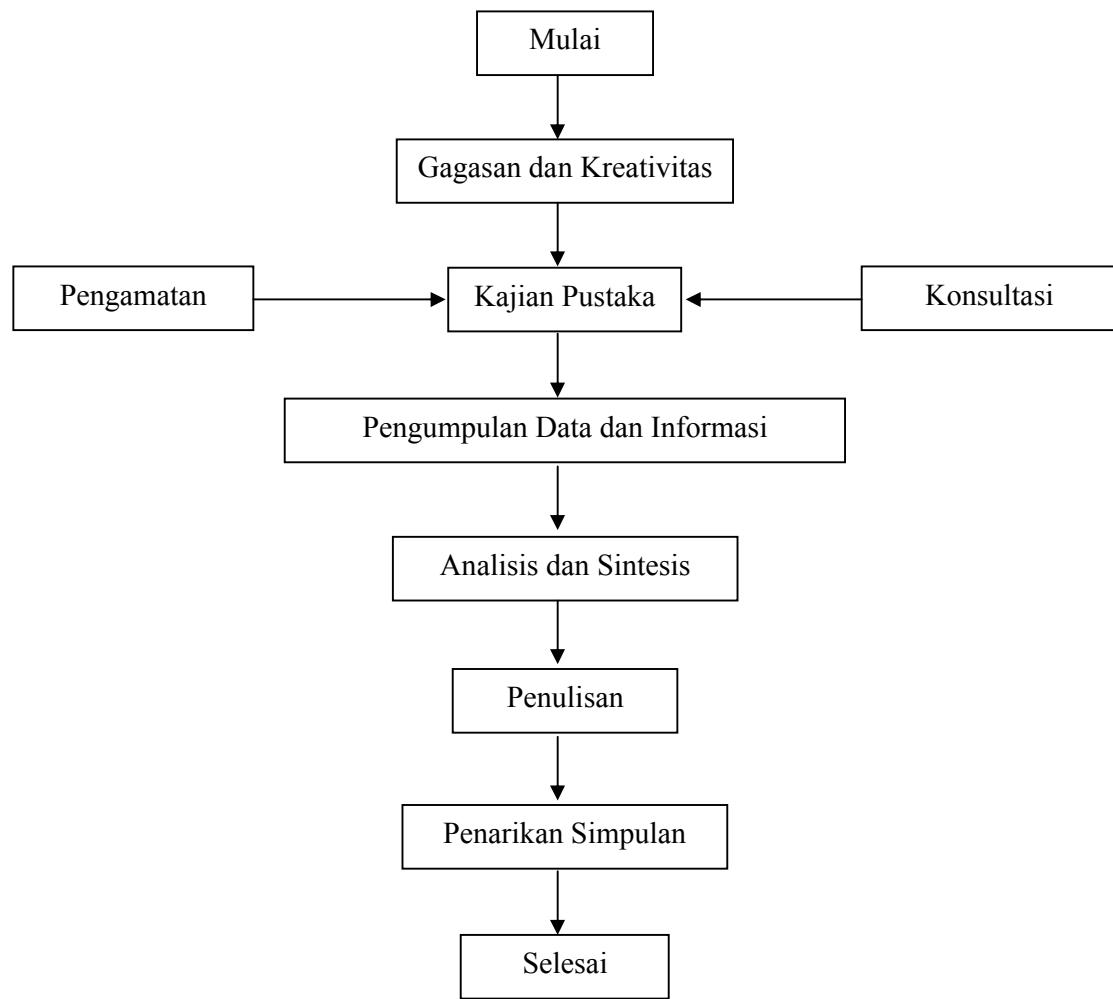
Efektivitas Biofilter

Biofilter yang bekerja dengan cara melewatkannya udara yang tercemar melalui porinya, biasanya merupakan campuran kompos dan serpihan kayu (Deshusses 2000). Berdasarkan penelitian Nicolai dan Janni (2007), komposisi yang tepat untuk kompos dan sepihan kayu adalah 70:30 berdasarkan persentase bobot.

Menurut Stewart dan Thom (1996), pembuatan biofilter relatif membutuhkan modal dan dana operasional yang rendah, membutuhkan energi yang rendah ketika dioperasikan, memiliki tingkat kepercayaan yang tinggi, dan tidak menghasilkan produk pembakaran yang berbahaya. Polusi udara dapat diatasi dengan baik menggunakan biofiltrasi ketika laju alir udara lebih rendah dari $0,45 \text{ m}^3/\text{jam}$, biofilter dapat membersihkan 230 gram metanol/ m^3 volume media/jam dan 181 gram toluena/ m^3 volume media/jam (Chetpattananondh *et al.* 2005). Dari sekumpulan percobaan, biofilter yang berisi kompos dan batu kerikil secara eksponensial dapat mengurangi karbon monoksida sepanjang waktu dengan kompos mampu membersihkan 90% dari 1000 ppm CO dan batu kerikil dapat membersihkan CO dalam 24 jam (Ganeshann 2005).

METODE PENULISAN

Penyusunan karya tulis ini dimulai dengan cara penggalian ide dan pengembangan kreativitas dilanjutkan studi pustaka yang didukung dengan konsultasi ke beberapa dosen kemudian dilakukan pengumpulan data dan informasi. Pembuatan karya tulis ini diarahkan oleh dosen pembimbing. Metode penulisan karya tulis yang lebih terstruktur disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema metode penulisan.

PEMBAHASAN

Cemaran di atmosfer karena kegiatan manusia yang dikeluarkan oleh industri dan transportasi ialah partikel debu, gas SO₂ (sulfur dioksida), NO₂ (nitrogen dioksida), CO (karbon monoksida), H₂S (dihidrogen sulfida), dan gas hidrokarbon (Supriyono 1999). Upaya penanggulangan cemaran tersebut dapat dilakukan dengan penyaringan sumber gas buang industri. Salah satu teknik penyaringan yang dapat dilakukan adalah dengan filtrasi. Filtrasi merupakan teknologi untuk mengendalikan gas buang senyawa organik yang atsiri. Media penjerap dan penyerap yang dapat digunakan adalah kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit.

Potensi KAIZ sebagai Penjerap Zat Pencemar

Pada umumnya, kompos digunakan dalam industri pertanian untuk menyuburkan tanah. Akan tetapi ada potensi lain dari kompos, yaitu kemampuannya menjerap secara efektif zat pencemar yang mudah-menguap sehingga dapat diaplikasikan sebagai media utama biofilter. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ganeshann (2005) yang menyatakan bahwa kompos secara efektif dapat mengurangi secara eksponensial 90% dari total 1000 ppm karbon monoksida. Dengan demikian kompos dapat digunakan untuk mengurangi cemaran udara yang diakibatkan oleh pembakaran bahan organik, terutama yang dihasilkan oleh limbah industri.

Penggunaan kompos sangat bermanfaat untuk mengurangi tingkat cemaran udara yang berasal dari sumber-sumber zat pencemar berupa bahan organik mudah-menguap yang banyak digunakan sebagai pelarut pada industri kimia, industri polimer, dan laboratorium seperti SO₂, CO, NO₂, H₂S, NH₃, dan senyawa hidrokarbon lainnya (Supriyono 1999).

Komponen kedua yang digunakan adalah arang aktif. Menurut Sembiring dan Sinaga (2003) arang aktif adalah arang yang telah mengalami pengaktifan secara fisika dan kimia melalui suatu proses pemanasan pada suhu 500°C. Proses aktivasi

ini meningkatkan daya serap bahkan hingga 20% dari luas permukaan partikel sehingga kemampuan arang tersebut menjadi lebih tinggi. Dengan demikian berdasarkan kemampuannya dalam menyerap zat pencemar, sangat mungkin untuk mengaplikasikan arang aktif sebagai salah satu komponen penyusun biofilter KAIZ.

Hampir semua zat yang berbahaya bagi kesehatan dapat diserap oleh arang aktif. Pernyataan ini dijelaskan juga oleh Delage *et. al.* (1999) yang menyatakan keefektifan arang aktif dalam menyerap zat pencemar yang berbahaya bagi kesehatan melalui interaksi karbon dengan senyawa organik mudah-menguap seperti SO₂, CO, dan NO₂.

Komponen penyusun biofilter KAIZ selanjutnya adalah serpihan kayu. Kandungan selulosa dalam serpihan kayu yang mencapai 40-50% mampu mengurangi bau yang dihasilkan asap industri melalui pembentukan ikatan hidrogen. Bau dapat dihilangkan dengan mekanisme penjerapan, penyerapan, dan oksidasi biologis. Dengan demikian berdasarkan kemampuannya dalam menyerap zat pencemar, sangat mungkin untuk mengaplikasikan serpihan kayu sebagai campuran bahan penyerap tingkat dua setelah melewati saringan jerapan kompos pada biofilter KAIZ

Selain digunakan kompos, arang aktif, dan serpihan kayu, bahan penjerap terakhir yang potensial untuk digunakan sebagai bahan campuran penyusun biofilter KAIZ adalah zeolit. Mulyanto dan Suwardi (2006) mendefinisikan zeolit sebagai kelompok mineral aluminosilikat yang mempunyai struktur yang khas, permukaan yang luas dan muatan negatif yang tinggi. Berdasarkan ketersediaanya, zeolit dibagi menjadi dua jenis yaitu zeolit alam dan buatan (sintetik).

Zeolit alam dipilih sebagai komponen penyusun biofilter KAIZ karena jumlahnya yang cukup melimpah sehingga biaya yang dikeluarkan relatif lebih murah. Peran zeolit pada biofilter ini ialah sebagai penjerap tahap akhir yang dapat berfungsi

sebagai penjerap unsur atau senyawa yang tidak diinginkan dengan ukuran yang beragam seperti logam berat, yang belum terjerap pada kompos dan arang aktif (Mulyanto dan Suwardi 2006).

Sumber bahan pencemar udara yang banyak dikeluarkan oleh industri dan laboratorium secara umum adalah pelarut-pelarut organik dan bahan mudah-menguap lainnya seperti gas SO₂ (sulfur dioksida), NO₂ (nitrogen dioksida), CO (karbon monoksida), H₂S (dihidrogen sulfida), dan gas hidrokarbon. Bahan pencemar ini dapat diatasi dengan penyaringan atau filtrasi menggunakan biofilter KAIZ.

Tabel 1 Standar mutu udara ambien

Zat Pencemar	Primer		Sekunder	
	(ppm)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(ppm)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Sulfur dioksida				
Rerata aritmetik per tahun	0.03	80	0.02	60
Konsentrasi maksimum dalam 24 jam	0.14	365	0.1	260
Konsentrasi maksimum dalam 3 jam	--		0.5	1300
Karbon monoksida				
Konsentrasi maksimum dalam 8 jam	9	10000	9	10000
Konsentrasi maksimum dalam 1 jam	35	40000	35	40000
Ozon				
Konsentrasi maksimum dalam 1 jam	0.12	235	0.12	235
Hidrokarbon				
Konsentrasi maksimum dalam 3 jam	0.24	160	0.24	160
Nitrogen oksida				
Rerata aritmatik per tahun	0.053	100	0.053	100
Timbal				
Rerata untuk 3 bulan			1.5	

Sumber: Peirce, Weiner, Vesilind (1997)

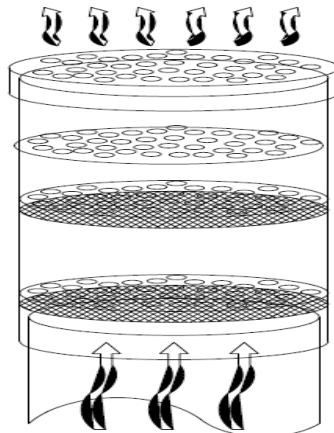
Mekanisme penyaringan dilakukan melalui penjerapan dan penyerapan oleh media penjerap berupa kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit yang mampu mereduksi kadar zat pencemar tersebut. Data penelitian WHO di pusat-pusat lokal industri menyatakan penurunan mutu udara ambien tiga kali lebih buruk dan berdampak pada penurunan tingkat kesehatan masyarakat (Arianto 2003).

Perubahan mutu udara ambien biasanya mencakup parameter-parameter gas NO_2 , CO , SO_2 , H_2S , hidrokarbon, dan partikel debu. Apabila terjadi peningkatan kadar bahan di udara ambien melebihi nilai baku mutu udara ambien akan menyebabkan terjadi gangguan kesehatan. Oleh karena itu, biofilter KAIZ sangat penting peranannya dalam mengurangi emisi gas berbahaya yang dihasilkan oleh industri dan laboratorium melalui cerobong asapnya, sehingga bahaya yang mengancam kesehatan masyarakat dan lingkungan dapat diatasi.

Peranan lain dari biofilter KAIZ adalah kemampuannya dalam menjerap logam berat seperti Pb , Hg , dan Cu . Pembakaran gas alam merupakan salah satu sumber cemaran logam berat (Brown *et al.* 2005). Berdasarkan uraian potensi biofilter KAIZ sebagai penjerap zat pencemar di atas dapat diringkas manfaatnya untuk mengurangi polusi yang diakibatkan oleh pembakaran organik, menurunkan suhu udara, dan menyerap unsur atau senyawa yang tidak diinginkan seperti logam berat.

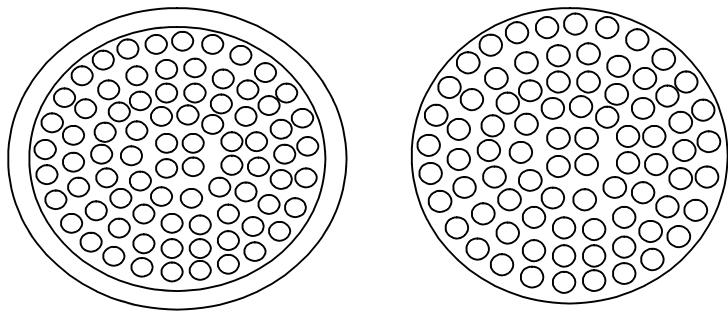
Rancangan Alat

Biofilter KAIZ dibuat dari *stainless steel* yang berbentuk menyerupai tabung dengan bagian dalam tabung diberi tiga sekat filter. Sekat filter terbuat dari kassa kasar dan halus. Pada bagian atas dan bawah tabung memiliki lubang-lubang kecil tempat keluar masuknya udara (Gambar 3). Aliran pembuangan gas masuk melalui bagian bawah tabung dan melewati biofilter dari komposit kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit kemudian gas yang telah tersaring keluar melalui bagian atas tabung.



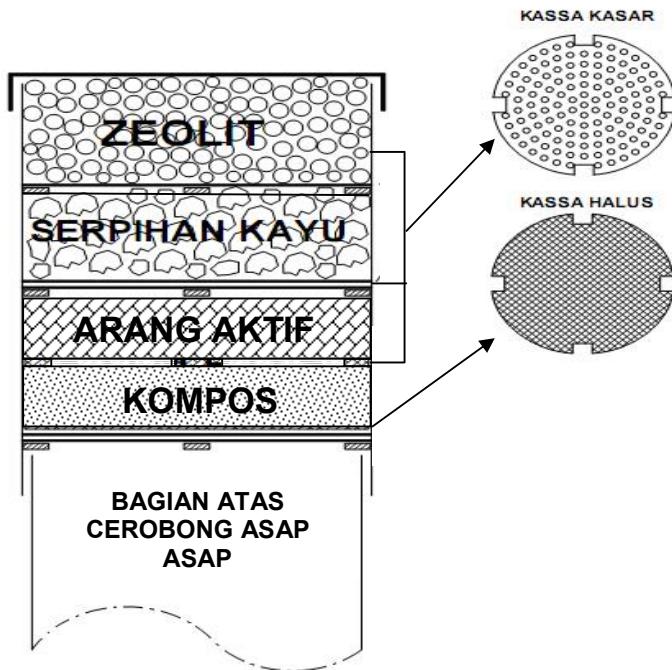
Gambar 3 Rancangan biofilter KAIZ.

Bentuk rancangan alat jika dilihat dari atas ataupun bawah ditunjukkan pada Gambar 4. Pada gambar terlihat bahwa bagian atas (4a) dan bawah (4b) tampak berlubang sebagai tempat keluar dan masuknya gas.



Gambar 4 Rancangan alat (a) tampak atas dan (b) tampak bawah.

Susunan komposisi bahan penyerap dan penjerap yang terdiri dari campuran kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit alam ditunjukkan pada Gambar 5 yang menunjukkan irisan melintang biofilter KAIZ sehingga tampak bagian dalam penyusunnya.



Gambar 5 Tampak dalam (irisian melintang).

Material tabung terbuat dari *stainless steel* yang tahan terhadap panas. Ukuran tabung biofilter dirancang dengan ketebalan bahan penjerap kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit setengah dari diameter biofilter. Ukuran diameter biofilter KAIZ disesuaikan dengan diameter cerobong yang akan ditempatinya. Sebagai contoh jika diameter yang diinginkan adalah 30 cm maka tinggi biofilter harus dirancang sebesar 15 cm. Hal ini didasarkan pada kemampuan laju penjerapan dan laju udara yang keluar melalui cerobong. Dengan teknik seperti ini laju aliran gas yang keluar dari cerobong tidak terhambat oleh adanya biofilter..

Komposisi susunan materi penjerap kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit berturut-turut adalah 45, 20, 15, dan 20% dari tinggi alat. Ini didasarkan pada hasil penelitian Nicolai dan Janni (2007) yang menyatakan bahwa komposisi yang tepat untuk kompos dan sepihan kayu adalah 30:70 berdasarkan bobot. Dari hasil ini 10% dari setiap komponen digunakan untuk zeolit. Arang aktif memiliki komposisi yang sama dengan zeolit, yaitu 20% karena keduanya berperan sebagai penjerap logam berat. Setelah digunakan untuk arang aktif dan zeolit, komponen tersisa sebesar 60 % digunakan kompos dan serpihan kayu yang masing-masing 45 dan 15%.

Letak susunan bahan diurutkan bawah ke atas mulai dari kompos, serpihan kayu, arang aktif, kemudian zeolit. Hal ini dilakukan untuk menjerap terlebih dahulu bahan pencemar organik mudah-menguap dilanjutkan dengan serapan menggunakan arang aktif, tahap pembersihan akhir zeolit berperan menjerap sisa gas yang tidak bisa dijerap.

Kelebihan Biofilter KAIZ

Pada umumnya keuntungan dari penggunaan biofilter adalah investasi relatif lebih rendah, pembuatannya cukup sederhana, mampu membersihkan komponen biologi yang mudah-urai dengan baik, memerlukan tekanan yang rendah, dan materi yang terbuang juga sedikit karena hanya mengantikan bahan penjerap. Salah satu kekurangan biofilter yang telah ada adalah dibutuhkan tempat yang luas. Hal ini diatasi dengan merancang alat biofilter KAIZ berbentuk tabung yang dapat diletakkan langsung di atas cerobong asap pada berbagai industri dan laboratorium.

Penggunaan biofilter berbasis KAIZ tidak hanya mampu mengurangi bahan kimia organik mudah-menguap tapi juga mampu menjerap logam-logam berat. Hal ini dikarenakan biofilter KAIZ tersusun dari campuran kompos yang efektif untuk menjerap bahan pencemar organik mudah-menguap, penyerapan gas berbahaya dan bau oleh serpihan kayu. Tahap selanjutnya adalah penyerapan logam-logam berat oleh arang aktif dan yang terakhir adalah penyerapan sisa gas oleh zeolit untuk menjerap logam-logam berat dengan ukuran yang beragam dan berbahaya bagi kesehatan. Mekanisme penyerapan dan penyerapan biofilter dilakukan dengan cara melewatkannya melalui pori-pori sehingga zat pencemar akan terjerap pada media biofilter (Deshusses 2000).

Penempatan biofilter KAIZ di atas cerobong asap dapat mengurangi dampak cemaran secara langsung dari sumber penghasil zat pencemar seperti industri kimia, industri polimer, dan laboratorium kimia. Pembuatan biofilter KAIZ membutuhkan alat-alat yang relatif sederhana dan mudah didapat seperti tabung

(chamber) dari *stainless steel*, kasa kasar dan halus. Bahan penjerap yang digunakan berupa kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit merupakan bahan yang jumlahnya melimpah dan tentunya tidak mencemari lingkungan. Biaya pembuatan sebuah biofilter KAIZ dengan diameter 30 cm diperkirakan sekitar Rp190.000. Harga ini cukup murah jika dibandingkan dengan manfaat yang dihasilkannya. Rincian anggaran pembuatan biofilter KAIZ ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Rincian anggaran pembuatan biofilter KAIZ

Bahan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)	Keterangan
Tabung				
<i>stainless steel</i>	1 Buah	100.000	100.000	
Kassa kasar	2 Lembar	20.000	40.000	
Kassa halus	2 Lembar	20.000	40.000	
Bahan penjerap	1 Paket	10.000	10.000	1 Kg kompos 1 Kg serpihan kayu arang aktif, dan zeolit
Total			190.000	

Kemudian tiga sekat kassa kasar dan halus berikut komponen penjerapnya dengan nisbah tertentu dimasukkan ke dalam alat tersebut. Alat yang sudah tersusun rapi ditempatkan di atas cerobong sumber penghasil zat pencemar. Berdasarkan cara pembuatan serta bahan penyusunnya maka dapat dikatakan bahwa biofilter KAIZ mudah diaplikasikan, sederhana, dan membutuhkan investasi relatif lebih murah sebagai upaya untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Kondisi cemaran udara saat ini sudah mencapai tahap mengkhawatirkan, sementara kegiatan manusia di bidang industri semakin meningkat. Padahal industri merupakan sumber utama dalam cemaran udara. Hal ini menyebabkan dampak perubahan iklim salah satunya pemanasan global yang semakin membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Penggabungan kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit bertujuan mengoptimalkan fungsi dari biofilter KAIZ dalam menyerap dan menyerap cemaran berupa senyawa organik mudah menguap dan logam berat yang dihasilkan oleh industri.

Perancangan biofilter KAIZ dimulai dengan menyusun alat/tempat terbuat dari *stainless steel* berikut tiga sekat kasa kasar dan halus berisi kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit dimasukkan ke dalam alat tersebut. Biofilter KAIZ ditempatkan langsung di atas sumber pembuangan gas yaitu cerobong asap pada berbagai industri seperti industri kimia, polimer, dan laboratorium kimia. Biofilter ini mudah diaplikasikan dan dirancang serta memiliki keuntungan secara ekonomi karena terbuat dari bahan yang banyak tersedia di alam. Proses pembuatannya yang mudah dan sederhana menunjukkan kemudahan aplikasinya.

Saran

Potensi biofilter KAIZ untuk mengurangi dampak cemaran lingkungan Perlu mendapat perhatian khusus dan sebaiknya diterapkan di Indonesia. Kerja sama antara pemerintah, perguruan tinggi, dan industri penghasil zat-zat kimia berbahaya juga diperlukan dalam rangka penerapan biofilter KAIZ. Selain itu perlu disosialisasikan kembali manfaat yang terkandung dalam komposit kompos, arang aktif, serpihan kayu, dan zeolit khususnya sebagai upaya untuk mengatasi pencemaran lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [Anonim]. 2002. Ruang yang sehat semakin sempit. [terhubung berkala]. <http://www.keluargasehat.com/> [28 Feb 2009].
- Ariyanto Y. 2003. Kesehatan Lingkungan. [terhubung berkala]. <http://www.pdpersi.co.id/?show=detailnews&kode=23&tbl=kesling>. [28 Feb 2009].
- [BPLHD] Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah. 2008. Indeks Standar Pencemar Udara. [terhubung berkala]. [27 Feb 2009].
- Bhattacharjee M, Sultana S, Hasneen A, Sarkar K. 2002. Status of volatile organic compounds, suspended particulate matters and lead in ambient air and indoor environments in Dhaka city. [terhubung berkala]. <http://www.cse.polyu.edu.hk/~activi/BAQ2002/June%2030/BAQ/Herbert/Poster%20Session/09R.PDF> [1 Mar 2009].
- Brown DR, Rothenberger C, Reynolds R, Attorney. 2005. A study of diesel emissions, air quality and human health risks in Connecticut. [terhubung berkala]. http://www.cfenv.org/air/Diesel/Diesel_Unhealthy_Air_2005.pdf [27 Feb 2009].
- Chetpattananondh P, Nitipavachon Y, Bunyakan C. 2005. Biofiltration of air contaminated with methanol and toluene. *Songklanakarin J Sci Technol* 27: 761-773.
- Delage F, Pre P, Cloirec PL. 1999. Thermal waves induced by volatile organic compound (VOC) adsorption onto activated carbon filter. [terhubung berkala]. http://acs.omnibooksonline.com/papers/1999_654.p [1 Mar 2009].
- Deshusses MA, Johnson C. 2000. Development and validation of a simple protocol to rapidly determine the performance of biofilters for VOC treatment. *Environ Sci Technol* 34:461-467.
- Ganeshann P. 2005. Performance and environmental accounting of air biofiltration for carbon monoxide removal [tesis]. College Park: Faculty of the Graduate School, University of Maryland.
- Juju D. 2007. Penanggulangan suhu udara melalui pelapisan kompos merupakan inovasi dan inovasi school. [terhubung berkala]. <http://www.depkes.go.id/downloads/Udara.PDF> [28 Feb 2009].

- Mann DD, Debruyn JC, Zhang Q. 2002. Design and evaluation of an open biofilter for treatment of odour from swine barns during sub-zero ambient temperatures. [terhubung berkala]. <http://www.engr.usask.ca/societies/csae/protectedpapers/c0127.pdf>. [1 Mar 2009]
- Mulyanto B, Suwardi. 2006. Prospek zeolit sebagai bahan penjerap dalam remediasi lahan bekas tambang. [terhubung berkala]. <http://pkrlt.ugm.ac.id/files/budi%20mulyanto.pdf>. [28 Feb 2009].
- Nicolai RE, Janni KA. 2007. Biofilter media mixture ratio of wood chips and compost treating swine odors. [terhubung berkala]. <http://abe.sdsstate.edu/faculty/dicknicolai/publs/Media%20mixture%20ratio%20-%20Australia%20Conf%201991.pdf>. [28 Feb 2009].
- Nor KS. 2006. Structural And Gas Adsorption Characteristics Of Zeolite Adsorbents. [tesis]. Johor: Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering, Universiti Teknologi Malaysia.
- Peirce JJ, Weiner RF, Vesilind PA. 1997. *Environmental Pollution and Control*. Ed. Ke-4. Massachusetts: Elsevier.
- Pyrzynska K. 2007. Application of Carbon Sorbents for the Concentration and Separation of Metal Ions. *Analytical Science* 23:631-637.
- Sembiring MT, Sinaga TS. 2003. Arang aktif (pengenalan dan proses pembuataanya). [terhubung berkala]. <http://library.usu.ac.id/download/ft/industri-meilita.pdf> [28 Feb 2009].
- Stewart WC, Thom RR. 2007. Test result and economics of using innovative, high-rate, vapor-phase biofilter in industrial applications. [terhubung berkala]. <http://www.bioreaction.com/papers/papers/WMA1.pdf>. [1 Mar 2009].
- Supriyono. 1999. Pencemaran udara bisa merusak ruku dan gangguan kesehatan staf perpustakaan. Media pustakawan 4:3-9. [terhubung berkala]. <http://lib.ugm.ac.id/data/pubdata/pusta/supriyono2.pdf> [27 Feb 2009].
- Yusiono. 2003. Udara Jakarta Semakin Tidak Sehat. [terhubung berkala]. <http://kompas.com/kompas-cetak/0305/27.metro/334961.htm>. [26 Feb 2009].

Lampiran 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS I

Nama Lengkap : Aulia Ilmiawati
Tempat, Tanggal lahir : Jakarta, 12 Maret 1988
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat Asal : Jl. Kemayoran Tengah No. 7
RT 009 RW 07. Jakarta Pusat
Alamat di Bogor : Jl. Babakan Tengah No 40
Dramaga Bogor Jawa Barat
HP/e-mail : 08561536200 / auliailmawati@yahoo.com
Pendidikan :

- SD Muhammadiyah I Jakarta tahun 1993-1999
- MTs Darul Arqam Sawangan Bogor 1999-2000
- SLTP Islam Meranti tahun 2000-2002
- SMA Negeri 1 Jakarta tahun 2002-2005
- Departemen Kimia Institut Pertanian Bogor tahun 2005-sekarang

Pengalaman Organisasi :

- Anggota Marching Band SLTP Islam Meranti Jakarta
- Anggota Rohis SMA Negeri 1 Jakarta
- Sekretaris Dapur Teater Satu SMA Negeri 1 Jakarta
- Divisi Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa Ikatan Mahasiswa Kimia IPB
- Divisi Syi'ar Rohis Kimia 42

Prestasi :

- Juara II Nilai Tertinggi di SMA Negeri 1 Jakarta tahun 2005
- Juara III Lomba Puisi Tingkat Teater SMA tahun 2004
- Juara II Lomba Pidato Tingkat SMP se-kecamatan tahun 2001
- Juara III Lomba MTQ Tingkat SMP se-kecamatan tahun 2001
- Penerima Dana Hibah Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Penelitian Tahun 2008

Lampiran 2

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS II

Nama Lengkap : Fauzan Amin
 Tempat, Tanggal lahir : Serang, 28 Maret 1986
 Jenis Kelamin : Laki-laki
 Agama : Islam
 Alamat Asal : Jl. Raya Cilegon KM 07 No.56 RT 01/ RW 01
 Pelamunan, Kramat Watu, Serang Banten.
 Alamat di Bogor : Jl. Babakan Lio RT 02/08 No.7 Kel. Balumbang
 Jaya, Kec. Kota Bogor Barat 16680.
 HP/e-mail : 081318615412/fau_min@yahoo.com
 Riwayat Pendidikan :
 • SDN Pelamunan tahun 1992-1998
 • MTs. Daar El-Qolam tahun 1999-2002
 • SMA Daar El-Qolam tahun 2002-2005
 • Departemen Kimia Institut Pertanian Bogor tahun 2005-sekarang
 Pengalaman Organisasi :
 • Wakil Ketua Creative English Course
 • Moslem Intercity Basic
 • Bendahara Pramuka SMA Daar El-Qalam
 • Divisi Pembinaan Anak BIRENA DKM Al-Hurriyah IPB
 • Anggota International Association of Agriculture on Related Science
 (IAAS) IPB
 • Sekretaris Umum Dewan Perwakilan Mahasiswa FMIPA IPB
 Prestasi :
 • Juara I Kompetisi Karya Tulis Mahasiswa Bidang Pendidikan Tingkat IPB
 Tahun 2008
 • Juara III Kompetisi Karya Tulis Mahasiswa Bidang IPA Tingkat IPB 2008
 • Juara III Lomba Inovasi Teknologi Lingkungan ITS Tingkat Perguruan
 Tinggi Nasional 2008
 • Penerima Dana Hibah Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Penelitian
 Tahun 2008
 • Penerima Dana Hibah Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Pengabdian
 Masyarakat Tahun 2008
 • Juara II Penulisan Ilmiah Agroindustri (Pimagrin) se-Indonesia IPB 2007
 • Juara I Lomba Karya Tulis Ilmiah Nasional BEM FMIPA UNS 2007
 • Finalis Lomba Karya Tulis Mahasiswa bidang pendidikan tingkat IPB
 2007

Lampiran 3

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS III

Nama Lengkap : Chandra Nur Kalam
Tempat, Tanggal lahir : Jakarta, 1 Juni 1988
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat Asal : Kp. Jawa Rawasari RT 013/08 No. 11
Kelurahan Rawasari-Jakarta Pusat
Alamat di Bogor : Balio No. 28
HP/e-mail : 085692696021/cnkcrzboy@yahoo.co.id
Pendidikan :

- SD Negeri Rawasari 05 Pagi Jakarta tahun 1994-2000
- SLTP Negeri 118 Jakarta tahun 2000-2003
- SMA Negeri 27 Jakarta tahun 2003-2006
- Departemen Kimia Institut Pertanian Bogor tahun 2005-sekarang

Pengalaman Organisasi :

- Anggota Ekskul Badminton SMAN 27

Prestasi :

- Juara I Lomba Cerdas Cermat SD bidang PPKN/IPS Tingkat Kecamatan
- Penerima Dana Hibah Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Kewirausahaan Tahun 2008