

REKAYASA ALAT PENGOLAHAN LIMBAH LABORATORIUM KIMIA SECARA ADSORBSI MEMANFAATKAN KOMBINASI BAHAN SISA KERAJINAN BATU VULKANIK

I Dewa Putu Subamia

PLP Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Undiksha, Fakultas MIPA.

Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja

email: ajiram_dewa@yahoo.com

Abstrak

Permasalahan yang diungkap dalam penelitian ini adalah permasalahan limbah laboratorium kimia FMIPA Undiksha. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan peralatan pengolahan limbah laboratorium kimia secara adsorpsi bersiklus memanfaatkan kombinasi bahan batu vulkanik, ijuk, sabut kelapa dan tempurung kelapa. Data karakterisasi limbah cair laboratorium kimia dianalisis secara eksperimen menggunakan alat ukur pH meter, COD meter, uji residu tersuspensi, dan instrumen AAS, berturut-turut untuk menentukan pH, COD, uji residu, dan untuk uji kadar Fe dan Pb. Hasil karakterisasi menunjukkan: warna limbah coklat keruh; pH = 0,49, COD = 129; kadar Fe = 9,2; kadar Pb = 1,32 dan residu tersuspensi = 358 mg/L. Standar baku mutu limbah cair sesuai SK Menteri Lingkungan Hidup tahun 1995 adalah pH = 6,9; COD = 90-100; Fe = 5; Pb = 0,1-1; dan residu tersuspensi = 200 mg/L. Karakteristik limbah setelah diolah adalah warna bening; pH=5,9; COD=90; residu tersuspensi=20 mg/L; kadar Fe=1,5 (ppm); kadar Pb=0,1 (ppm). Perbandingan karakteristik limbah sebelum dan sesudah diolah menunjukkan bahwa proses pengolahan limbah laboratorium kimia dengan alat yang direkayasa memberi perbedaan yang cukup signifikan. Simpulan, jika dibandingkan dengan baku mutu sesuai SK Menteri Lingkungan Hidup tahun 1995, pengolahan limbah laboratorium kimia secara adsorpsi bersiklus memanfaatkan bahan kombinasi batu vulkanik, ijuk, sabut kelapa dan tempurung kelapa layak dipakai untuk mengurangi potensi pencemaran lingkungan yang potensial ditimbulkan oleh pembuangan limbah laboratorium kimia.

Kata-kata kunci: pengolahan limbah, adsorpsi bersiklus, batu vulkanik

1. Pendahuluan

Dalam kegiatannya, berbagai percobaan/praktikum/penelitian dilakukan di laboratorium kimia jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Undiksha. Penggunaan bahan-bahan kimia dan bahan biologik tidak dapat dihindari dalam kegiatan laboratorium kimia. Penggunaan bahan-bahan tersebut sudah tentu akan menghasilkan limbah kimia dan biologik. Limbah yang dihasilkan bisa mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang dapat mencemarkan atau merusak lingkungan baik secara langsung maupun tidak langsung. Lebih parah lagi limbah tersebut berpotensi membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.

Untuk meminimalisasi pencemaran limbah cair industri dapat dilakukan dengan menerapkan konsep 4 R (Ginting, 2007) yaitu, *Reduce*, *Reuse*, *recovery*, dan *recycle*. *Reduce*, artinya bahwa mengurangi bahan pencemar melalui penggantian bahan toksik dalam proses produksi dengan bahan yang tidak toksik tanpa mengurangi kualitas produk. *Reuse*, yaitu menggunakan kembali limbah yang dihasilkan dari industri ke dalam industri lain. Dalam hal ini diperlukan

industri hilir yang dapat menggunakan air limbah dari industri hulu. *Recovery*, yaitu mengambil kembali bahan-bahan yang terdapat pada limbah untuk dapat digunakan dalam industri lain. *Recycle*, yaitu mendaur ulang limbah-limbah yang selanjutnya digunakan kembali melalui teknologi yang sesuai.

Identifikasi pendahuluan contoh limbah cair laboratorium kimia Undiksha menunjukkan angka rata-rata pH = 0,49, COD = 129; kadar Fe = 9,2; kadar Pb = 1,32 dan residu tersuspensi = 358 mg/L. Hasil karakterisasi contoh limbah tersebut menunjukkan, limbah cair yang dihasilkan di laboratorium kimia Undiksha sudah di atas ambang batas jika dibandingkan dengan standar baku yang dikeluarkan Menteri Lingkungan Hidup tahun 1995. Standar mutu limbah cair sesuai SK Menteri Lingkungan Hidup tahun 1995 adalah pH = 6,9; COD = 90-100; Fe = 5; Pb = 0,1; dan residu tersuspensi = 200 mg/L. Sementara ini, laboratorium kimia jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Undiksha belum memiliki instalasi pengolahan limbah laboratorium.

Bertolak dari uraian di atas, untuk mereduksi kemungkinan dampak negatif yang ditimbulkan oleh limbah sisa kegiatan

laboratorium kimia, sangat esensial dipikirkan suatu upaya pengolahan limbah laboratorium. Sebelum dibuang ke lingkungan, sisa kegiatan laboratorium tersebut harus diolah terlebih dahulu. Suatu upaya yang dicobakan dalam kreativitas ini adalah rekayasa peralatan pengolahan limbah laboratorium memanfaatkan teknologi sederhana dalam rangka mewujudkan laboratorium kimia ramah lingkungan.

Permasalahan yang diangkat dalam karya kreatif ini adalah: (1) Bagaimana karakterisasi limbah laboratorium kimia FMIPA Undiksha? (2) Bagaimana merekayasa peralatan pengolahan limbah laboratorium kimia secara adsorpsi bersiklus memanfaatkan kombinasi bahan batu vulkanik? Dan (3) Apakah pengolahan limbah laboratorium kimia secara adsorpsi bersiklus memanfaatkan kombinasi bahan batu vulkanik efektif untuk menurunkan konsentrasi bahan berbahaya limbah laboratorium kimia?

Tujuan umum perancangan alat ini adalah untuk memberi alternatif penanggulangan bahaya limbah yang dihasilkan laboratorium kimia Jurdik Kimia FMIPA Undiksha dalam kerangka menciptakan laboratorium kimia ramah lingkungan. Rincian tujuan rekayasa alat ini adalah sebagai berikut: (1) Untuk mengetahui karakteristik limbah laboratorium Laboratorium kimia FMIPA Undiksha, (2) merekayasa peralatan pengolahan limbah laboratorium kimia secara adsorpsi bersiklus memanfaatkan kombinasi bahan batu vulkanik, ijuk, sabut kelapa dan tempurung kelapa, (3) mengetahui hasil uji coba efektifitas kerja alat pengolahan limbah secara adsorpsi bersiklus memanfaatkan bahan kombinasi batu vulkanik, ijuk, sabut kelapa dan tempurung kelapa.

Manfaat penelitian ini adalah: 1) Pengolahan limbah ini diharapkan dapat menanggulangi dampak negatif yang potensial ditimbulkan dari pembuangan limbah laboratorium kimia, 2) Implementasi pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan diharapkan bermanfaat bagi terciptanya laboratorium kimia ramah lingkungan, terjaganya kesehatan lingkungan, dan terjaganya kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.

2. Metode Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam riset ini adalah: merancang/rekayasa

alat dan pengolahan limbah, uji coba kinerja alat dan analisis data hasil uji coba.

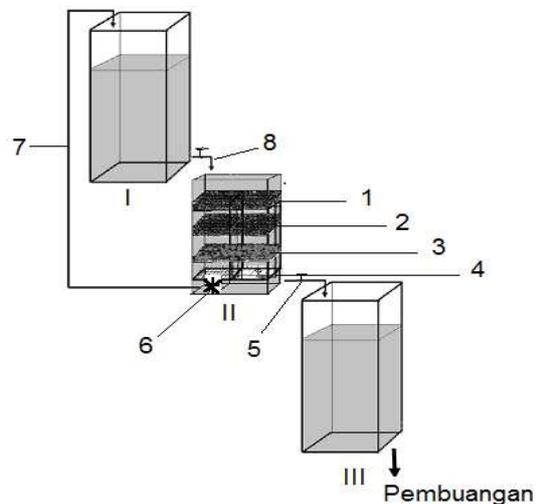
Alat-alat yang diperlukan:

- 1) 2 bh tangki/bak pengolahan limbah (bahan fiber) volume 4 liter
- 2) 2 bh kran air
- 3) 1 bh Aerator (waterpum)
- 4) Solder
- 5) Alat pelubang

Bahan-bahan:

- 1) 5 m Selang plastik
- 2) Saringan penyangga
- 3) Ijuk + sabut kelapa
- 4) Arang batok kelapa
- 5) Serpihan batu hitam (batu vulkanik)
- 6) Lem pipa

2.1 Desain Alat Pengolahan Limbah



Gambar 1. Desain Alat Pengolahan Limbah Secara Adsorpsi Bersiklus

Keterangan alat-alat yang dipergunakan:

- 1 = lapisan ijuk + sabut kelapa
- 2 = arang batok kelapa (teraktivasi)
- 3 = batu hitam (teraktivasi)
- 4 = penyangga adsorban
- 5 = keran aliran limbah yang telah diolah
- 6 = aerator (penyedot air limbah kembali ke tangki I)
- 7 = selang plastik (saluran air limbah dari tangki adsorpsi)
- 8 = keran aliran limbah masuk ke tangki adsorpsi

I = tangki penampung limbah awal (filtrasi, uji pH, netralisasi)

II = sistem adsorpsi bersiklus

III = tangki penampungan hasil olahan limbah

2.2 Prosedur Pembuatan Alat

- Dua buah tangki/bak dipasang keran dan dirangkai (seperti gambar 1)
- Pasang waterpum pada bagian bawah tangki II (tangki adsorbansi)
- Ke dalam tangki adsorbansi diisi adsorban berturut-turut dari bawah: saringan penyangga, lapisan batu vulkanik, lapisan arang batok kelapa, sabut kelapa dan ijuk. Foto rangkaian alat nampak seperti gambar 1.

- Dilakukan penyaringan (filtrasi) dengan saringan ijuk sebagai filter.
- Limbah dialirkan/dituangkan ke tangki I ($\pm \frac{3}{4}$ volume tangki).
- Selanjutnya dialirkan ke tangki adsorbs (tangki II) dengan membuka keran aliran perlahan-lahan.
- Setelah 5-8 jam waktu kontak limbah dengan adsorben, nyalakan waterpum. Air limbah akan tersedot kembali ke tangki I kemudian mengalir lagi ke tangki adsorbs. Demikian adsorsi bersiklus ini dibiarkan berlangsung ± 24 jam.
- Hasil adsorbansi diuji, kemudian dialirkan ke bak pembuangan (*septic tank*)

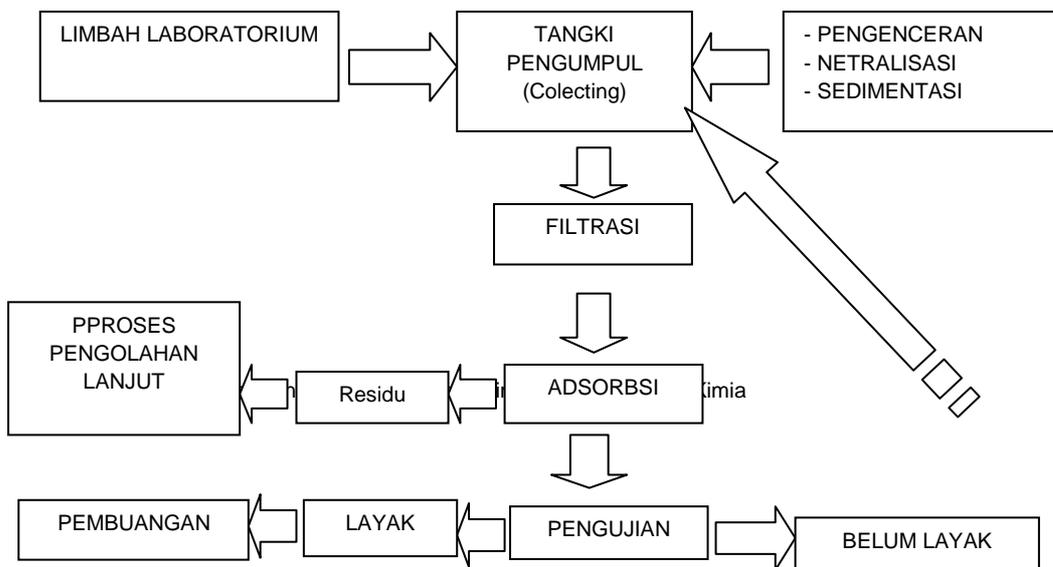
2.3 Pedoman Penggunaan Alat

Pada pengolahan limbah laboratorium dengan sistem adsorpsi bersiklus ini memanfaatkan bahan sisa kerajinan batu hitam (batu vulkanik) yang dipadukan dengan arang batok kelapa dan ijuk sebagai adsorben. Batu vulkanik, batok kelapa dan ijuk diambil dari sisa bahan kerajinan rumah tangga, yakni kerajinan batu vulkanik, industri minyak kelapa dan industri tali ijuk yang ada di desa Tajun kabupaten Buleleng. Dengan demikian, dapat dikatakan pengolahan limbah laboratorium ini memanfaatkan limbah (sisa bahan) kerajinan rumah tangga. "Mengolah limbah dengan memanfaatkan limbah". Pedoman penggunaan alat adalah sebagai berikut:

- Limbah dinetralisasi (untuk limbah asam dinetralisasi dengan penambahan bubuk batu kapur 0,5% volume limbah).

2.4 Uji Coba Efektifitas Alat Pengolahan Limbah

Uji coba kinerja alat telah dilakukan masing-masing untuk pengolahan limbah cair Laboraturum Biokimia, Laboratorium Kimia Anorganik, dan Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Pendidikan Kimia. Implementasi pengolahan limbah cair laboratorium kimia meliputi tahap-tahap: pengumpulan limbah, pengenceran, netralisasi, sedimentasi, filtrasi, adsorpsi, pengujian, dan perlakuan akhir. Sistem pengolahan tersebut dapat digambarkan seperti bagan berikut.



Keterangan:

- a) *Colecting*. Limbah laboratorium ditampung pada tangki pengumpul
- b) Uji pH. Jika pH nya sangat asam, dilakukan pengenceran dengan mengalirkan air hingga 20 kalinya dan penetralan dengan penambahan kapur gamping (10gr/2 Lt atau 0,5% dari volume limbah) sambil diaduk dengan bantuan baling-baling pengaduk.
- c) Filtrasi. Selanjutnya, limbah disaring (filtrasi) dengan saringan ijuk, untuk memisahkan partikulat-partikulat berukuran besar.
- d) Adsorpsi. Sebagai adsorban, memanfaatkan limbah batu hitam (batu vulkanik) dari kerajinan batu di desa Tajun. Dcampuran arang sabut kelapa dan tempurung kelapa (diaktivasi). Aktivasi adsorben dilakukan dengan mengoven bahan-bahan adsorben tersebut pada suhu 110°C selama 3-5 jam. Proses adsorpsi berlangsung berulang (sistem siklus) 5-8 jam.
- e) Tahap berikutnya adalah pengujian pH, COD, kadar Fe dan Pb berturut-turut menggunakan pH meter, COD meter, dan untuk uji kadar Fe dan Pb digunakan instrumen AAS.
- f) Jika hasil pengujian menunjukkan karakteristik limbah lebih besar dari standar mutu maka dilakukan proses pengolahan kembali. Pengulangan dilakukan hingga diperoleh hasil pengujian minimal sama dengan standar mutu. Jika hasil pengolahan telah sesuai dengan standar mutu, maka limbah dapat dialirkan ke *septic tank* atau ke tempat pembuangan yang telah disediakan.

2.5 Teknik Analisis Data

Data data hasil identifikasi limbah laboratorium kimia dianalisis secara deskriptif komparatif. Data karakteristik limbah cair laboratorium kimia dianalisis secara eksperimen menggunakan alat ukur pH meter, COD meter, uji residu tersuspensi, dan instrumen AAS, berturut-turut untuk menentukan pH, COD, uji residu, dan untuk uji kadar Fe dan Pb. Hasil pengujian dikomparasikan dengan standar baku mutu limbah cair sesuai SK Menteri Lingkungan Hidup tahun 1995

3. Hasil dan Pembahasan**3.1 Hasil****3.1.1 Karakterisasi Limbah Laboratorium Kimia FMIPA Undiksha**

Identifikasi Limbah Laboratorium Kimia kimia Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Undiksha menunjukkan, limbah laboratorium meliputi limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Limbah padat terdiri atas limbah padat dari kegiatan praktikum seperti sampah sisa sampel praktikum, sampah sisa bahan penelitian, serta sampah dari kegiatan laboratorium lainnya. Berbagai contoh limbah padat yang dihasilkan antara lain adalah sisa bahan kimia, sisa bahan penunjang praktikum dan lain-lain belum terkelola dengan baik.

Limbah cair yang dihasilkan laboratorium kimia seperti sisa bahan percobaan dan berbagai jenis larutan bekas pakai. Mayoritas limbah laboratorium adalah sisa bahan kimia tidak terpakai. Limbah gas dihasilkan dari bahan-bahan kimia yang mudah menguap (eter, kloroform, amoniak, dll), hasil reaksi pemanasan/pembakaran (reaksi-reaksi penghasil gas). Secara ringkas limbah yang termasuk buangan berbahaya dari laboratorium kimia dapat digambarkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1: Jenis Limbah Laboratorium Kimia

No.	Jenis Buangan	Jenis Limbah	Keterangan
1	Produk hasil reaksi	- Limbah padat Limbah cair (larutan hasil reaksi) kandungan logam berat potensial berbahaya antara lain: Fe, Pb, Arsen, Mg, Ag, Zn, dll.	Hasil percobaan sering dibuang begitu saja ke wastafel
2	Sisa reagen	- Limbah cair	Belum tertangani
3	Reagen kedaluarsa	- Limbah cair	Belum tertangani
4	Sisa sampel percobaan	- Limbah padat, cair	Bahan-bahan yang tersisa dari proses percobaan tidak tertangani dengan baik/benar
5	Gas hasil reaksi pemanasan/pembakaran	- Limbah gas	Kondisi almari asap belum optimal
6	Bahan terkontaminasi	- Pecahan alat-alat <i>glassware</i> , alat-alat brusak	
7	Sampah domestik	- Limbah padat (sisa korek api, plastik, tanah, dll)	Sampah dari aktivitas kerja di laboratorium

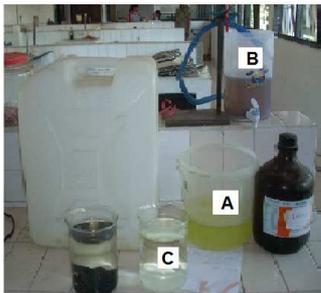
3.1.2 Hasil Rancangan Alat

Alat hasil rancangan/rekayasa dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Foto Rangkaian Alat Pengolahan Limbah (dokumen: peneliti)

Pengamatan penampakan fisik (warna) limbah sebelum dan sesudah diolah ditunjukkan pada gambar 4 berikut. Pada gambar juga tampak ada endapan yang cukup banyak hasil proses sedimentasi. Menunjukkan bahwa limbah cair yang dihasilkan di laboratorium kimia banyak mengandung bahan-bahan tersuspensi.



Gambar 4. Uji Coba Kinerja Alat
Keterangan:

- A. Penampakan limbah sebelum diolah
- B. Limbah dalam tangki pengolahan
- C. Hasil Pengolahan Limbah

3.1.3 Hasil Pengujian

Hasil pengujian pengolahan limbah menunjukkan: dengan volume pengenceran 20 kali diperoleh sebagai berikut: warna limbah lebih bening, pH = 5,9; COD = 90; residu tersuspensi = 20 mg/L. Data hasil pengujian kandungan Fe dan Pb dengan AAS ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2 berikut.

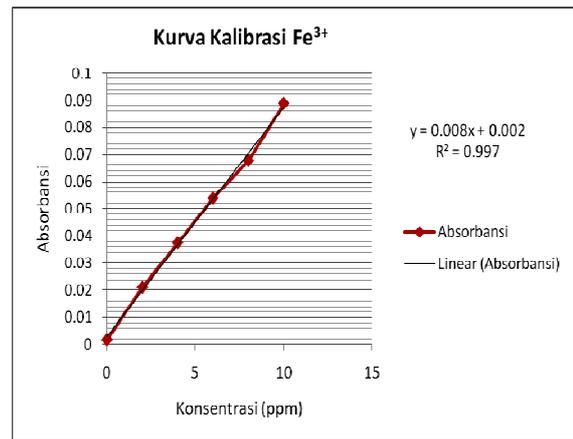
Tabel 1: Data Hasil Pengukuran Fe³⁺ dengan AAS

Konsentrasi Fe ³⁺	Absorbansi
0	0.0016
2	0.021
4	0.0375
6	0.054
8	0.0679
10	0.089
Sampel sebelum	Fe 0.0756
Sampel sesudah	Fe 0.014

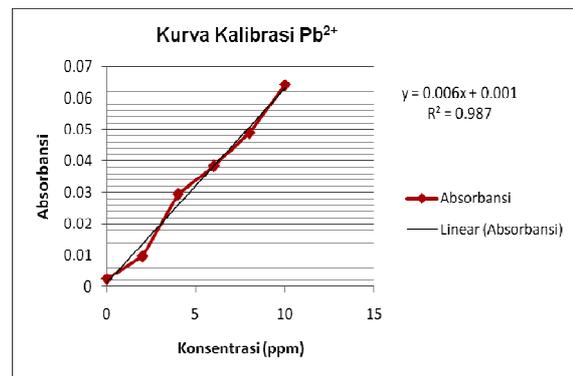
Tabel 2: Data Hasil Pengukuran Pb²⁺ dengan AAS

Konsentrasi Pb ²⁺	Absorbansi
0	0.0025
2	0.0096
4	0.0295
6	0.0384
8	0.0489
10	0.0642
Sampel sebelum	Pb 0.00892
Sampel sesudah	Pb 0.0016

Kurva kalibrasi pengukuran Fe³⁺ dan Pb²⁺ ditunjukkan pada gambar 5 dan gambar 6 berikut.



Gambar 5. Kurva Kalibrasi Fe³⁺



Gambar 6. Kurva Kalibrasi Pb²⁺

Persamaan garis linier kurva larutan standar Fe³⁺ adalah $y = 0,008x + 0,002$. (y = absorbansi, x = konsentrasi).

Persamaan garis linier kurva larutan standar Pb^{2+} adalah $y = 0,006x + 0,001$. ($y =$ absorbansi, $x =$ konsentrasi).

Perbandingan dengan karakteristik limbah sebelum diolah dan baku mutu limbah cair sesuai SK Menteri Lingkungan Hidup tahun 1995, ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Perbandingan Karakteristik Limbah Sebelum dan Sesudah Pengolahan Serta Baku Mutu Menteri Lingkungan Hidup.

4. Pembahasan Hasil

Berdasarkan hasil pengukuran, absorbansi sampel Fe^{3+} sebelum dan sesudah diolah berturut-turut 0.0756 dan 0.014. Konsentrasi Fe pada sampel sebelum diolah dihitung dengan persamaan linier tersebut adalah 9,2 ppm dan sesudah diolah adalah 1,5 ppm.

Berdasarkan hasil pengukuran, absorbansi sampel Pb^{2+} sebelum dan sesudah diolah berturut-turut 0.00892 dan 0.0016. Konsentrasi Pb pada sampel sebelum diolah dihitung dengan persamaan linier tersebut adalah 1,32 ppm dan sesudah diolah adalah 0,1 ppm.

Jika dibandingkan dengan baku mutu sesuai SK Menteri Lingkungan Hidup tahun 1995, menunjukkan bahwa setelah diolah kadar logam Fe dan Pb di bawah ambang batas. Dengan kata lain, limbah laboratorium kimia layak untuk dibuang ke lingkungan.

Berarti teknologi adsorpsi bersiklus dengan memanfaatkan adsorben batu vulkanik dikombinasi arang batok kelapa, sabut kelapa dan ijuk layak dipakai untuk mengurangi potensi pencemaran lingkungan yang potensial ditimbulkan oleh pembuangan limbah laboratorium kimia.

Perbandingan karakteristik limbah sebelum dan sesudah diolah menunjukkan bahwa proses pengolahan limbah laboratorium kimia dengan alat yang direkayasa memberi perbedaan hasil yang cukup signifikan.

5. Simpulan dan Saran/Rekomendasi

Berdasarkan hasil serangkaian uji kinerja alat dapat disimpulkan bahwa teknologi adsorpsi bersiklus dengan

No	Karakteristik Limbah	Sebelum	Sesudah	Baku Mutu
1	Warna	Coklat, keruh	Bening	Tidak berwarna
2	pH	0,49	5,9	6,9
3	COD	129	90	90-100
4	Residu tersuspensi	358 mg/L	20 mg/L	200 mg/L
5	Fe	9,2 (ppm)	1,5 (ppm)	5 (ppm)
6	Pb	1,32 (ppm)	0,1 (ppm)	0,1-1 (ppm)

memanfaatkan adsorben batu vulkanik

dikombinasi arang batok kelapa, sabut kelapa dan ijuk layak dipakai untuk mengurangi potensi pencemaran lingkungan yang potensial ditimbulkan oleh pembuangan limbah laboratorium kimia. Pengembangan teknologi tepat guna ini bermanfaat mewujudkan laboratorium kimia yang ramah lingkungan.

Dengan penerapan teknologi pengolahan limbah secara sederhana ini dengan biaya murah dapat mencegah dan menanggulangi pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang mungkin ditimbulkan oleh limbah laboratorium kimia.

Saran bagi semua pihak terkait (Jurusan, Fakultas, Lembaga) untuk mengembangkan teknologi pengolahan limbah tersebut dalam bentuk Instalasi Pengolahan Limbah (IPAL) laboratorium di lingkungan Universitas Pendidikan Ganesha. Disarankan bagi petugas yang bekerja di laboratorium kimia agar betul-betul memperhatikan kemungkinan bahaya limbah yang dihasilkan dari kegiatan berlaboratorium. Untuk itu sebelum dibuang ke lingkungan, limbah mestinya diolah terlebih dahulu.

6. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Dekan FMIPA Undiksha yang telah membantu secara moril maupun financial dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Laboratorium Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Undiksha, yang telah memfasilitasi uji coba alat pengolahan limbah hasil rekayasa ini

7. Pustaka

- Academy Savant, e-Learning Science. 2012. *Practical Laboratory Skills*. www.academysavant.com/elearning. Diakses 24 Pebruari 2012
- American Chemical Society. 2010. *Task Force on Laboratory Waste Management. Less is Better*. Washington, DC: American Chemical Society.
- Bashkin, JK. 2009. *Chemistry for a sustainable world*. <http://greenchemistry.wordpress.com>. (diakses pada tanggal 6 Mei 2010, pukul 04.25 WIB)
- Bishop, P.L. 2000. *Pollution Prevention: Fundamentals and Practice*. Singapura: McGraw-Hill.
- Clark J H. 2001. *Principles of Green Chemistry and Green Engineering Pure Appl.Chem.*

- Vol.73. No 1. pp 103 – 111. <http://portal.acs.org/>. (diakses pada tanggal 26 September 2012)
- Environmental Management Guide For Small Laboratories*, EPA233-B-00-001, dalam LS&EM V7, No.1
- Ginting, P. 2007. Sistem pengelolaan lingkungan dan limbah industri. CV. Yrama Widya.
- Hunt, G.E. 1995. *Industrial Pollution Prevention Handbook*. Freman. USA
- ISO17025-2005, Panduan Persyaratan Sistem Manajemen Laboratorium.
- Johan Bahdir. 2000. Pengelolaan Limbah Cair dengan Proses Evaporasi. Pusat Pengembangan Pengelolaan Limbah Radioaktif, BATAN. *Buletin Limbah Vol.5 No. 2*
- Krajcik, J. S. and Banaszak Holl, M. M. 2012. Concurrent Enrollment in Lecture and Laboratory Enhances Student. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol 49 Issue 5. May 2012. ISSN 0022-4308. online www/htt: library.wiley.com/doi/10.1002/ tea.21016. diakses tgl. 2 September 2012.
- Manahan, S.E. 2005. *Environmental Chemistry*. CRC Press: USA
- Metcalf and Eddy. 1991. *Wastewater Engineering*. McGrawHill: USA
- Ostler, N.K. 1998. *Industrial Waste Stream generation (vol 6)*. Prentice Hall. USA.
- Peter A. Reinhardt, K. Leigh Leonard, and Peter C. Ashbrook. 2002. "Pollution Prevention and Waste Minimization in Laboratories"
- Pollution Prevention and Waste Minimization – Wisconsin Madison University, akses internet 5 Agustus 2006:www.umich.edu/~nppcpub/resources/directory/DIRbio.pdf
- Qasim, S.R. 1985. *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston: USA
- Subamia, I.D.P. 2011. Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia Menuju Lab Kimia Ramah Lingkungan. *Karya Ilmiah disajikan dalam rangka finalis laboran berprestasi tingkat nasional tahun 2011*.
- Wikipedia. Total Dissolved Solids. Retrieved September 24, 2008 from en.wikipedia.org/wiki/Total_dissolved_solids