

ADSORPSI TERHADAP VARIASI LIMBAH CAIR DENGAN ZEOLIT SINTETIK LIMBAH KACA

Salma Afianisa^{1*}, Rizky Nur Amalia², Elsa Anugerah Pertiwi³, Ismiyati⁴, Nurul Hidayati Fithriyah⁵

1,2,3,4,5 Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Jakarta,
Jalan Cempaka Putih Tengah 27A Jakarta Pusat, 14

*Email : salmaafianisa@gmail.com

ABSTRAK

Limbah kaca merupakan limbah zat padat dengan sifat fisik sangat sukar terurai. Limbah kaca yang semakin meningkat volumenya di alam kini dapat dimanfaatkan menjadi zeolit sintetik atau buatan. Komponen penyusun limbah kaca sendiri terdiri dari silika yang merupakan struktur penyusun zeolit. Zeolit merupakan bahan yang digunakan sebagai adsorben atau penjerap limbah zat cair. **Tujuan dari penelitian ini** adalah mengetahui karakteristik zeolite sintetik limbah kaca sebagai adsorben untuk mengolah limbah cair dan mengetahui efektivitas adsorpsi terhadap penjerapan logam Pb. **Metode penelitian** ini adalah pembuatan zeolit dengan pencampuran limbah kaca dengan kandungan silika direaksikan dengan NaOH, lalu dicampurkan dengan natrium alumina dengan cara hidrotermalisasi pada reaktor hidrotermal. Proses adsorpsi dilakukan pada berbagai variasi limbah zat cair yaitu diantaranya limbah detergen, limbah pelumas, limbah air sungai tercemar, limbah zat warna. Fungsi dari penjerapan ini adalah untuk menurunkan kadar berbahaya dalam limbah-limbah tersebut. Sehingga saat limbah cair tersebut terbuang ke alam tidak merusak ekosistem yang terdapat di perairan. Metode adsorpsi ini juga dapat dijadikan metode konvensional yang mudah diterapkan di masyarakat sehingga zeolit sintetik limbah kaca ini dapat menyetarakan kualitasnya dengan zeolit yang di komersialkan. **Karakterisasi** dilakukan dengan cara metode uji FTIR dan XRD (*X-Ray Diffraction*). Zeolit sintetik limbah kaca memiliki gugus O-Si-O dan memiliki mineral hematite, rutile dan anatase (Fe_2O_3) yang diidentifikasi dengan kandungan zeolite pada Standar Nasional Indonesia (SNI). **Hasil uji adsorpsi** zeolite sintetik limbah kaca dengan metode AAS dan ICP didapatkan efektivitas adsorpsi terhadap logam Pb (timbangan) yang hampir mencapai 90%. Proses Adsorpsi optimum berada pada konsentrasi limbah zat warna dengan deterjen di sekitar konsentrasi 9.74 – 10.26 ppm. Hubungan antara konsentrasi logam Pb terhadap variasi limbah zat cair ditunjukkan dengan persamaan $y = -1.2825x^2 + 9.889x - 9.3077$ dan $R^2 = 0.9408$.

Kata kunci: Limbah kaca, zeolit sintetik, adsorpsi, limbah zat cair

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada tahun 2008 Kementerian Negara Lingkungan Hidup Indonesia (KNLH) menyebutkan bahwa limbah kaca adalah salah satu limbah yang paling banyak dihasilkan yaitu sekitaas 0,7 ton per tahunnya dan itu dihasilkan oleh 26 kota-kota besar di Indonesia. Kaca jenis *float glass* banyak digunakan sebagai material utama pada kaca jendela, meja, ataupun parabol lainnya. Kaca ini mengandung $\pm 60\%$ SiO_2 dan sisanya mengandung logam lainnya.

Limbah kaca merupakan limbah zat padat yang sangat sukar terurai. Komponen penyusun limbah kaca sendiri terdiri dari silika yang merupakan struktur penyusun zeolit. Limbah kaca yang semakin meningkat volumenya di alam kini dapat dimanfaatkan menjadi zeolit sintetik atau buatan. Zeolit ini sendiri merupakan bahan yang digunakan sebagai adsorben atau penjerap limbah zat cair. Zeolit yang akan dibuat menggunakan metode hidrotermalisasi dan aktivasi menggunakan temperature yang tinggi. Penjerapan atau proses adsorpsi akan dilakukan pada berbagai variasi limbah zat cair yaitu diantaranya limbah detergen, limbah pelumas, limbah air sungai tercemar, limbah zat warna. Fungsi dari penjerapan ini adalah untuk menurunkan kadar berbahaya dalam limbah-limbah tersebut.

Oleh karena itu, limbah kaca dapat digunakan untuk menjadi zeolit karena mengandung silika dan silika merupakan bahan penyusun zeolit. Seperti contohnya adalah kadar logam, atau kadar warna yang terdapat pada limbah zat cair, dan lain-lain. Kandungan logam-logam terlarut juga merupakan unsur yang sangat berbahaya bagi alam. Kandungan logam Pb (timbangan) merupakan unsur yang paling tinggi keberadaannya dalam limbah cair. Banyaknya zeolite alam dan sintetik yang digunakan untuk menjerap logam Pb baik yang berupa

larutan baku atau bahkan berupa logam Pb terlarut dalam zat cair tertentu. Sehingga nantinya saat limbah cair tersebut terbuang ke alam tidak merusak ekosistem yang terdapat di perairan. Metode adsorpsi ini juga dapat dijadikan metode konvensional yang mudah diterapkan di masyarakat sehingga zeolit sintetik limbah kaca ini dapat menyetarakan kualitasnya dengan zeolit yang di komersialkan. Dengan adsorpsi ini mampu mengurangi pencemaran terhadap lingkungan khususnya mencegah kerusakan biota yang ada di laut dan kawasan perairan lainnya.

Tujuan

1. Apa saja kandungan berbahaya dari limbah cair yang dapat di adsorpsi?
2. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi?
3. Bagaimana prinsip zeolit sebagai bahan alternatif pengolah limbah?
4. Bagaimana cara mengolah limbah kaca menjadi zeolite?
5. Bagaimana efektivitas zeolit dalam mengadsorpsi berbagai limbah cair?

2. METODE

1.

Alat

Alat yang diperlukan diantaranya:

- Beaker glass
- Erlenmeyer
- Gelas ukur
- Hotplate stirer
- Ultrasonic bath
- Microwave
- Oven
- Reaktor hidrotermal
- Kertas saring.

Bahan

Bahan yang diperlukan diantaranya:

- Serbuk Limbah Kaca
- Natrium Hidroksida
- Alumina Hidroksida
- Limbah Zat Warna
- Limbah Deterjen
- Limbah Pelumas
- Air sungai

Prosedur Penelitian

2. Pembuatan Zeolit Limbah Kaca

Limbah kaca (*float glass*) dipersiapkan keadaannya berupa material kering lalu didestruksi hingga mencapai ukuran 100 mesh. Sebanyak 50 gram serbuk kaca halus ditambahkan dengan 150 ml NaOH konsentrasi 3,5 M. Lalu larutan dimasukkan kedalam *ultrasonic bath* untuk menyempurnakan reaksi selama ± 15 menit. Lalu diproses terlebih lanjut didalam *microwave* untuk menghilangkan air dan mengkalsinasi selama 30 menit. Larutan yang telah terkalsinasi ditambahkan air sebanyak 150 ml, lalu diaduk dengan magnetic stirrer pada 100°C selama lebih kurang 2 jam 30 menit sampai larutan menjadi berbentuk gel. Serbuk natrium aluminat di larutkan dengan NaOH 150 ml dan 3,5 M agar terbentuk larutan natrium alumina, lalu diaduk sampai menjadi campuran 1 fasa. Kemudian natrium silika yang berbentuk gel sebanyak 20 gram dicampurkan dengan larutan natrium alumina terlebih dahulu diaduk kembali dengan magnetic stirrer hingga tercampur, lalu dimasukkan ke dalam reactor hidrotermal dengan suhu 130°C dan waktu 3 jam. Setelah itu dikeluarkan dan didiamkan ± 1 jam. Larutan tersebut diaktivasi dan dikalsinasi pada suhu 150°C selama 4,5 jam.

3. Proses Adsorpsi

Zeolit kering yang telah jadi ditimbang sebanyak 3,5 gram untuk 5 sampel limbah cair. Campurkan zeolit sintesis limbah kaca dengan 150 ml limbah cair yang berbeda-beda (limbah air sungai, limbah cair zat warna, limbah deterjan, dan limbah pelumas bekas, dan limbah warna rhodamin B). Adsorpsi dengan magnetic stirrer pada hot plate selama ± 30 menit. Filtrasi larutan limbah cair yang telah di adsorpsi. Analisa limbah cair yang telah di adsorpsi.

Metode Analisa

1. Analisa Karakteristik Zeolit

Untuk mengetahui karakteristik zeolit yang dihasilkan, sampel diuji dengan alat XRD (X – Ray

Difrraction). Metode X-Ray Difraction adalah suatu metode untuk mencatat difraksi sampel polikristal. Nilai difraksi sinar X untuk menentukan jenis struktur kristalnya. Dilakukan pula uji FTIR terhadap gugus yang tersusun dalam zeolite sintetik limbah kaca untuk lebi lanjut dibandingkan dengan zeolite komersial teraktivasi.

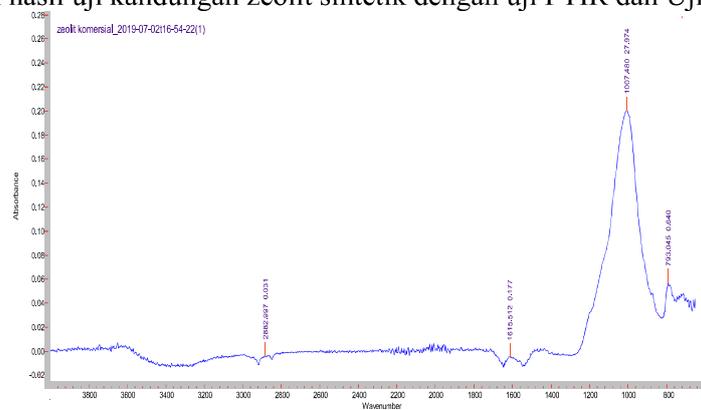
2. Penentu Laju Adsorpsi

Untuk analisa laju adsorpsi dari zeolit sintetik limbah kaca terhadap limbah cair sebagai adsorbat digunakan uji ICP (*Inductively Coupled Plasma*) merupakan instrument yang bekerja untuk menganalisis secara kuantitatif kadar logam yang terdapat dalam zat cair dengan menggunakan energi berupa plasma electron. Selain itu diperlukan pula uji lainnya yaitu analisa uji AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) ini digunakan untuk analisa kandungan logam yang relatif sederhana, selektif dan sangat sensitif.

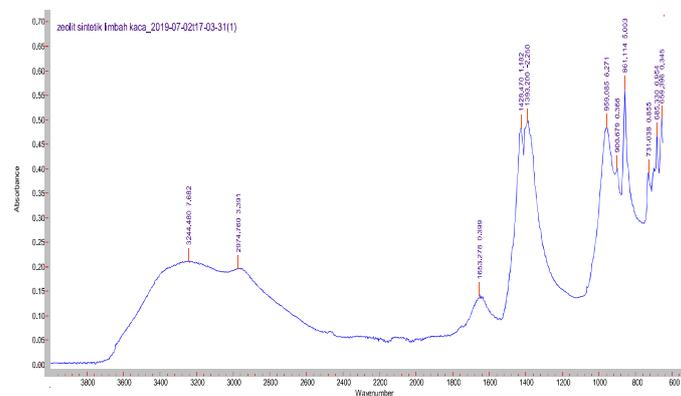
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kandungan Zeolit Sintetik

Berikut ini adalah hasil uji kandungan zeolit sintetik dengan uji FTIR dan Uji XRD:

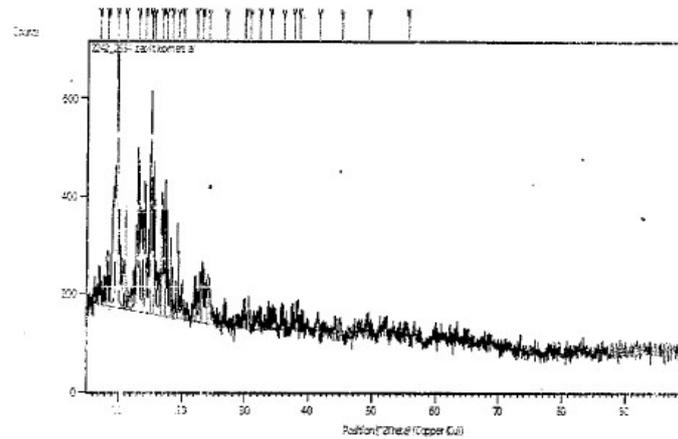


(a) Hasil Uji FTIR Zeolit Komersial

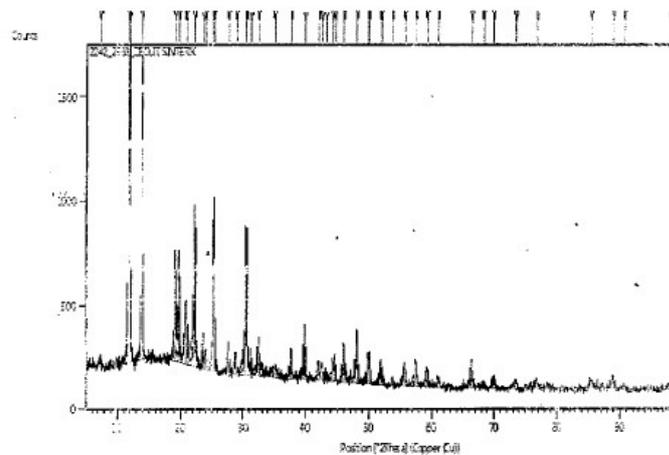


(b) Hasil Uji FTIR Zeolit Sintetik

Uji FTIR dilakukan untuk dapat mengetahui unsur-unsur yang terdapat sebagai penyusun zeolite sintetik limbah kaca. Dilakukannya perbandingan agar dapat mengetahui kualitas zeolite sintetik dengan zeolite komersial yang berasal dari batuan mineral. Zeolit sintetik dan zeolite komersial melalui proses aktivasi dengan menggunakan panas, oleh karena itu perbandingan dilakukan terhadap dua jenis produk yang berbeda melalui proses yang sama. Pada gambar (a) dan (b) menunjukkan hasil dari uji FTIR perbandingan antara zeolit komersial dan zeolit sintetik. Dimana pada kedua zeolit mengandung gugus O-Si-O dan masih mengandung pengotor berupa C-O. Pada zeolit komersial hanya terdapat 4 peak (puncak gelombang) sedangkan pada zeolit sintetik limbah kaca terdapat 11 peak (puncak gelombang). Gugus O-Si-O sendiri merupakan gugus utama penyusun zeolit. Gugus silika ini didapatkan dari limbah kaca yang kaya akan kandungan silika dan mineral lainnya.



(c) Hasil Uji XRD Zeolit Komersial



(d) Hasil Uji XRD Zeolit Sintetik

Uji XRD dilakukan untuk mengetahui kandungan dari zeolite sintetik limbah kaca. Namun, berbeda dari uji FTIR yang menampilkan hasil panjang gelombang untuk mengetahui gugus tertentu. Dengan XRD maka dapat diketahui kandungan unsur mineral yang terdapat dalam zeolite tersebut. Gambar (c) menampilkan hasil uji XRD terhadap zeolite komersial dan gambar (d) hasil uji zeolite sintetik limbah kaca. Data menunjukkan hasil uji XRD perbandingan antara zeolit sintetik limbah kaca dengan zeolit komersial. Pada zeolit komersial hanya terdapat mineral hematit dan rutile yaitu yang merupakan mineral Fe_2O_3 dan TiO_2 . Sedangkan pada zeolit sintetik limbah kaca terdapat mineral hematite, rutile, dan anatase. Mineral anatase sendiri merupakan mineral yang berfungsi sebagai katalis dalam reaksi.

Kapasitas Adsorpsi

Berdasarkan hasil uji ICP dan AAS terhadap kandungan logam Pb (timbal) pada limbah deterjen, air sungai tercemar, limbah zat warna, kami memperoleh data hasil perbandingan kandungan Pb zat sebelum diadsorpsi dengan setelah di adsorpsi oleh zeolit sintetik limbah kaca. Uji AAS dilakukan hanya pada limbah pelumas bekas, dikarenakan berdasarkan hasil ICP jumlah logam Pb tidak terbaca pada uji sebelumnya, berikut data hasil ujinya:

No.	Limbah Cair	Kandungan Pb Sebelum Adsorpsi (ppm)	Kandungan Pb Setelah Adsorpsi (ppm)	C_0-C_t
1.	Limbah Pelumas Bekas	0.002	0.001	0.001
2.	Air Sungai Tercemar	3.68	<i>Not detected</i>	3.68
3.	Limbah Zat Warna	9.74	<i>Not detected</i>	9.74
4.	Limbah Deterjen	10.26	<i>Not detected</i>	10.26

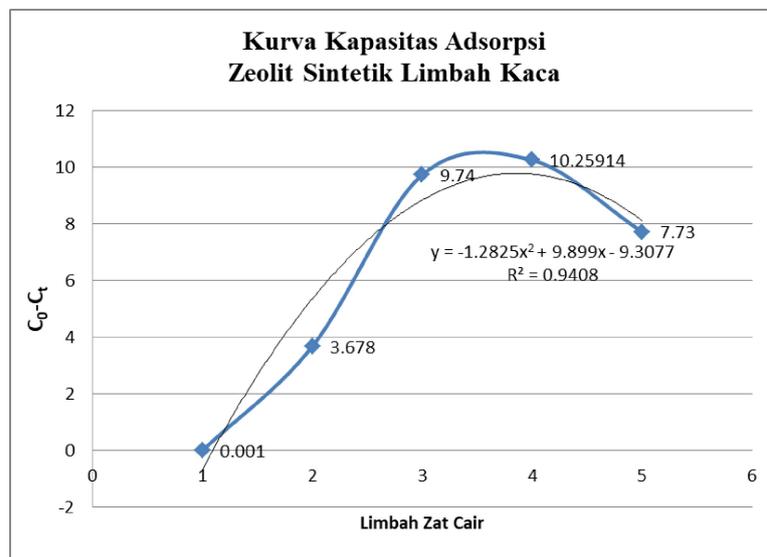
5.	Rhodamin B	25.73	18,00	7.73
----	------------	-------	-------	------

Tabel 1. Uji ICP dan AAS

$$Efisiensi\ Adsorpsi(\%) = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan : C₀= Konsentrasi awal larutan (ppm)
C_t= Konsentrasi akhir larutan (ppm)

Tabel 1. menunjukkan terdapat hasil *not detected* yang berarti kandungan Pb setelah adsorpsi sangat kecil sehingga tidak dapat terbaca oleh alat uji. Hasil uji menandakan penurunan kandungan Pb yang sangat tajam dari sebelum teradsorpsi dengan sesudah di adsorpsi. Hal ini menandakan bahwa zeolit sintetik limbah kaca efektif dalam mengadsorpsi logam Pb dan menurunkan kadar berbahaya dalam limbah cair. Penurunan yang sangat signifikan dialami oleh limbah deterjen. Penurunan yang rendah dialami oleh limbah pelumas bekas yang diduga dikarenakan oleh sifat fisik limbah pelumas bekas yang memiliki viskositas yang tinggi sehingga zeolite tidak dapat menyerap unsur Pb melalui pori-porinya. Proses adsorpsi yang maksimum di peroleh dari adsorbat limbah deterjen sebesar 10.26 ppm, sedangkan nilai optimum berada pada konsentrasi limbah zat warna dengan deterjen di sekitar kpnsentrasi 9.74 – 10.26 ppm. Proses adsorpsi disini dipengaruhi oleh viskositas larutan. Viskositas tinggi maka semakin sedikit zat yang teradsorpsi oleh adsorben. Dengan menggunakan regresi linear dengan persamaan $y = -1.2825x^2 + 9.889x - 9.3077$ dan $R^2 = 0.9408$.



4.KESIMPULAN

Zeolit sintetik limbah kaca merupakan produk yang berasal dari limbah kaca yang memiliki kandungan silika yang dicampurkan dengan natrium alumina dengan metode reaksi didalam reactor hidrotermal. Zeolit ini sangat cocok digunakan sebagai adsorben. Adsorben digunakan untuk menyerap (mengadsorpsi) zat cair maupun gas yang dapat mencemarkan lingkungan. Zeolit sintetik limbah kaca memiliki kandungan mineral hematite (Fe₂O₃), mineral rutile dan anatase (TiO₂) serta memiliki gugus O-Si-O. Zeolit sintetik limbah kaca ini cocok digunakan untuk mengadsorpsi kandungan logam Pb dalam berbagai limbah cair yang ditunjukkan dari data hasil uji ICP dan AAS. Efisiensi adsorpsi didapatkan hasil mencapai 90% karena diperoleh data *not detected* yang menandakan kandungan Pb sangat kecil sehingga tidak dapat terbaca oleh instrument uji. Viskositas larutan mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Semakin tinggi viskositas larutan maka semakin sedikit zat logam yang akan teradsorpsi oleh adsorben zeolite sintetik limbah kaca.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sehubungan dengan penelitian ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa. Selanjutnya, terima kasih kepada KEMENRISTEK DIKTI yang telah mendukung Program Kreatifitas Mahasiswa, serta kepada segenap Dosen Pembimbing dan rekan-rekan yang telah memberikan berbagai

saran dari mulai proses berlangsungnya penelitian hingga saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, Nuha Desi. 2008. *Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite*. Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional : Bandung.
- C, Pudjiastuti dan Adi Saputro.E. 2008. *Model Matematika Adsorpsi Zeolit Alam Terhadap Ion Zn Pada Air Limbah Elektroplating*. Teknik Kimia UPN “Veteran”: Jawa Timur.
- Harmita. *Analisa Fisiko Kimia: Spektrofotometer Serapan Aton (SSA/AAS)*. Universitas Indonesia: Depok.
- Hasyim, Ummul Habibah. 2016. *Kajian Adsorpsi Logam Dalam Pelumas Bekas dan Prospek Pemanfaatannya Sebagai Bahan Bakar*. Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Jakarta : Jakarta.
- Justin, Joshua. 2015. *Eksplorasi Limbah Kaca*. Fakultas Industri Kreatif, Universitas Telkom: Bandung.
- Marjuki, Ericha Indriani,dkk. 2017. *Pemanfaatan Limbah Kaca Untuk Sintesis Zeolit Berteknologi Hidrotermal*. Universitas Muhammadiyah Jakarta: Jakarta.
- Munasir, dkk. 2012. *Uji Xrd Dan Xrf Pada Bahan Meneral (Batuan Dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO₃ dan SiO₂)*. Jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya:Surabaya.
- Naimah, Siti, dkk. 2014. *Degradasi Zat Warna Pada Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Nanokomposit TiO₂-Zeolit*. Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kemenperin RI: Jakarta Timur.
- Novianto, Dwi Aditya,dkk. 2012. *Aplikasi Tungsten Trioksida Nano Partikel dengan Metode Sol Gel dan Proses Kalsinasi Sebagai Kapasitor Elektrokimia*. Jurnal Teknik Material dan Metalurgi. Institut Teknologi Surabaya: Surabaya.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun
- Rahimah, Zikri, dkk. 2016. *Pengolaha Limbah Deterjen Dengan Metode Koagulasi Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur Dan PAC*. Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung Mangkurat: Lampung.
- Suastuti, Dwi Adhi, dkk. *Pengolahan Larutan Deterjen Dengan Biofilter Tanaman Kangkungan (Ipomoea Crassicaulis) Dalam Sistem Batch (Curah) Teraerasi*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana: Bali.