

KEMAMPUAN KOMBINASI ECENG GONDOK DAN LUMPUR AKTIF UNTUK MENURUNKAN PENCEMARAN PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

R. D. Ratnani,

Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas
Wahid Hasyim Semarang
Jalan Menoreh Tengah X no 22
Sampangan Semarang

Email:
ratnani_unwahas@yahoo.co.id

Eceng gondok telah diuji kemampuannya untuk menurunkan pencemaran pada limbah cair tahu. Lumpur aktif juga telah diuji kemampuannya untuk menurunkan pencemaran pada limbah cair tahu. Sehingga pada penelitian ini akan dilihat kemampuan kombinasi eceng gondok dan lumpur aktif untuk menurunkan pencemaran pada limbah cair tahu. Parameter utama yang diamati adalah CODnya. Metode yang digunakan pada penelitian ini eceng gondok dan lumpur aktif yang telah diaklimatisasi ditanam dalam limbah cair tahu pada konsentrasi tertentu. Proses penanaman dilakukan dalam bak dengan ukuran panjang 125 cm, lebar 76 cm, dan tinggi 35 cm. Limbah cair tahu yang telah ditanami eceng gondok diamati perubahan ketinggian air, pH, kelembaban udara, DO, dan dianalisis konsentrasi CODnya. Pengamatan dilakukan setiap hari selama 8 hari. Hasil yang diperoleh penurunan konsentrasi COD awal hingga akhir perlakuan adalah 720-287 ppm. Hal ini menunjukkan adanya zat organik yang terserap oleh eceng gondok dan lumpur aktif sebagai sumber energi. Limbah cair tahu yang diolah dengan menggunakan lumpur aktif dan eceng gondok mengalami penurunan konsentrasi COD sampai 285 ppm. Dengan demikian maka limbah cair tahu yang telah diolah dengan menggunakan kombinasi sudah berada di bawah baku mutu limbah cair golongan II yaitu sebesar 300 ppm, dan bau menyengat mulai hilang sejak perlakuan awal

Kata Kunci: *eceng gondok, lumpur aktif, konsentras, pencemaran*

Pendahuluan

Industri tahu banyak terdapat di Indonesia. Lokasi industri tahu kebanyakan menyatu dengan pemukiman penduduk, sehingga muncul permasalahan dengan warga sekitar. Industri tahu menghasilkan limbah cair yang dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan. Pencemaran akibat limbah cair tahu dapat berupa: oksigen terlarut rendah, air menjadi kotor, dan bau yang menyengat. Menurut Jenie (1995), limbah cair tahu mengandung zat organik yang dapat menyebabkan pesatnya pertumbuhan mikroba dalam air. Hal tersebut akan mengakibatkan kadar oksigen dalam air menurun tajam. Limbah cair tahu mengandung zat tersuspensi, sehingga mengakibatkan air menjadi kotor/keruh. Salah satu senyawa aktif dari bahan alam yang memiliki aktivitas anti malaria adalah andrographolide yang berasal dari tanaman sambiloto (WHO, 2001).

Eceng gondok merupakan gulma di air karena pertumbuhannya yang begitu cepat. Karena pertumbuhan yang cepat, maka eceng gondok dapat menutupi permukaan air dan menimbulkan masalah pada lingkungan. Selain merugikan karena cepat menutupi permukaan air, eceng gondok ternyata juga bermanfaat karena mampu menyerap

zat organik, anorganik serta logam berat lain yang merupakan bahan pencemar. Lumpur aktif juga dapat digunakan untuk mendegradasi zat organik yang terdapat dalam limbah cair tahu. Pada sistem ini, mikroorganisme akan menguraikan zat organik, sehingga kandungan zat organik dalam limbah cair tahu dapat dikurangi (Widajanti, 2007).

Eceng Gondok

Eceng gondok yang berkembang di Indonesia berasal dari Amerika Selatan (Brazil). Tanaman ini didatangkan tahun 1894 sebagai koleksi di Kebun Raya Bogor. Pada umumnya eceng gondok tumbuh mengapung di atas permukaan air dan lahan basah atau di antara tanaman pertanian yang dibudidayakan di lahan basah. Tanaman ini banyak dijumpai di daerah rendah di pinggiran sawah, danau, waduk, rawa, dan di kawasan industri di pinggir sungai dari hulu sampai hilir (Gerbono, 2005; Thayagajaran, 1984).

Eceng gondok memiliki keunggulan dalam kegiatan fotosintesis, penyediaan oksigen dan penyerapan sinar matahari. Bagian dinding permukaan akar, batang dan daunnya memiliki lapisan yang sangat peka sehingga pada kedalaman yang ekstrem sampai 8 meter di bawah permukaan

air masih mampu menyerap sinar matahari serta zat-zat yang larut di bawah permukaan air. Akar, batang, dan daunnya juga memiliki kantung-kantung udara sehingga mampu mengapung di air. Keunggulan lain dari eceng gondok adalah dapat menyerap senyawa nitrogen dan fosfor dari air yang tercemar, berpotensi untuk digunakan sebagai komponen utama pembersih air limbah dari berbagai industri dan rumah tangga. Karena kemampuannya yang besar, tanaman ini diteliti oleh NASA untuk digunakan sebagai tanaman pembersih air di pesawat ruang angkasa (Little, 1979; Thayagajaran, 1984). Menurut Zimmer (2006) dan Tripathi (1990) eceng gondok yang dapat dilihat pada Gambar 1 juga dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi COD dari air limbah.

Menurut Widyaningsih (2007), struktur anatomi eceng gondok terdiri dari struktur batang, struktur daun dan struktur akar. Batang tanaman eceng gondok (*petiola*) yang berbentuk bulat menggembung, di dalamnya penuh dengan ruang-ruang udara yang berfungsi untuk mengapung di atas permukaan air. Lapisan terluar dari *petiola* adalah *epidermis*. Lapisan epidermis pada eceng gondok tidak berfungsi sebagai alat perlindungan jaringan, tetapi berfungsi untuk mengabsorpsi gas-gas dan zat-zat makanan secara langsung dari air. Jaringan di sebelah dalam banyak terdapat jaringan pengangkut yang terdiri dari *xylem* dan *floem*, dengan letak yang tersebar merata di dalam *parenkim*.



Gambar 1. Eceng Gondok

Lumpur Aktif

Sistem lumpur aktif termasuk salah satu jenis pengolahan biologi, di mana mikroorganismenya berada dalam pertumbuhan tersuspensi. Prosesnya bersifat aerobik, artinya memerlukan oksigen untuk reaksi biologinya. Kebutuhan oksigen dapat dipenuhi dengan cara mengalirkan udara atau oksigen murni ke dalam reaktor biologi, sehingga cairan di dalam reaktor dapat melarutkan oksigen lebih besar dari 2 mg/L. Jumlah ini merupakan kebutuhan minimum yang diperlukan mikroba di

dalam lumpur aktif (Setiadi dan Dewi, 2003; Antara 1993).

Dalam sistem biologi ini, mikroorganisme hidup dan tumbuh secara koloni. Koloni ini berupa gumpalan-gumpalan kecil yang merupakan padatan yang mudah mengendap. Dalam keadaan tersuspensi, koloni ini menyerupai lumpur sehingga disebut lumpur aktif. Tambahan kata aktif diberikan karena selain mereduksi substrat (buangan), juga mempunyai permukaan yang dapat menyerap substrat secara aktif. Operasi ini bertujuan untuk mengurangi konsentrasi zat organik karena adanya aktivitas mikroorganisme.

Banyak modifikasi telah dilakukan terhadap sistem lumpur aktif, tetapi secara keseluruhan sistem pengolahan dengan lumpur aktif dapat dicirikan dengan tanda-tanda: menggunakan lumpur mikroorganisme yang dapat mengkonversi zat organik terlarut dalam air buangan menjadi biomassa baru, terjadi pengendapan sehingga keluaran hanya sedikit mengandung padatan mikroba, dapat mendaur ulang sebagian lumpur mikroorganisme dari tangki pengendap ke reaktor aerasi. Pada reaktor alir yang teraduk baik, kadang-kadang mikroorganisme tidak perlu didaur ulang. Kinerja pengolahan dengan lumpur aktif tergantung pada waktu tinggal sel rata-rata di dalam reaktor.

Menurut Junaidi (2006), jenis mikroba yang biasanya terdapat dalam lumpur umumnya berupa *Pseudomonas*, *Zooglea*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Bdellovibrio*, *Mycobacterium*, *Nitrosomonas*, dan *Nitrobacter*. Sistem pengolahan biologi selain lumpur aktif ada beberapa macam yaitu: laguna teraerasi (*Aerated Lagoon*), saringan percik (*Trickling Filters*), kontaktor biologi putar (*Rotary Biological Contactor*), dan lain-lain.

Mekanisme Penyerapan Limbah Organik

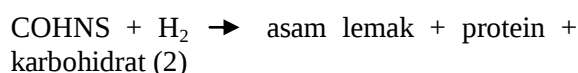
Metode penurunan atau penghilangan substansi toksik dalam air limbah dengan media tanaman lebih dikenal dengan istilah fitoremediasi. Fitoremediasi adalah pemanfaatan tanaman untuk mengekstraksi, menghilangkan, dan mendetoksifikasi polutan dari lingkungan. Eceng gondok dapat menyerap zat organik melalui ujung akar. Zat-zat organik yang terserap akan masuk ke dalam batang melalui pembuluh pengangkut kemudian menyebar ke seluruh bagian tanaman eceng gondok. Pada proses ini zat organik akan mengalami reaksi biologi dan terakumulasi di dalam batang tanaman, kemudian diteruskan ke daun (Sriyana, 2006).

Menurut Tchobanoglous dan Setiadi (2003), reaksi peruraian zat organik oleh bakteri secara aerob dapat dilihat pada Persamaan reaksi (1) berikut:



Peruraian zat organik pada proses anaerobik merupakan proses mikroba yang rumit. Peruraian zat organik terdiri dari beberapa reaksi berurutan yang saling tergantung dan paralel. Proses tersebut melibatkan berbagai macam mikroorganisme dan menghasilkan rantai makan mikroba pada tiga grup trofik yang terdiri dari mikroorganisme hidrolisis, asidogenesis, dan metanogenesis.

Pada mikroorganisme hidrolisis, zat organik kompleks tidak dapat digunakan langsung sebagai substrat oleh sel untuk pertumbuhan dan pembentukan produk. Pada proses hidrolisis, zat organik kompleks akan terhidrolisis menjadi produk terlarut dan berubah menjadi molekul yang lebih rendah (berantai pendek) agar dapat melewati membran sel. Reaksi yang terjadi akan menghasilkan asam lemak, protein (asam amino), dan karbohidrat (glukosa) seperti terlihat pada Persamaan reaksi (2) di bawah ini:



Pada mikroorganisme asidogenesis, zat organik sederhana produk dari proses hidrolisis digunakan sebagai sumber karbon dan energi oleh mikroorganisme untuk melangsungkan proses asidogenesis. Mikroorganisme yang berperan dalam proses asidogenesis disebut mikroorganisme asidogenesis. Reaksi yang terjadi adalah seperti pada Persamaan reaksi (3) sebagai berikut:



Mikroorganisme Metanogenesis (MM) adalah grup trofik akhir yang penting dalam sistem anaerobik. MM tidak dapat menggunakan hasil fermentasi grup trofik 1 yang mempunyai atom karbon lebih dari 2 atom untuk pertumbuhannya maupun untuk produksi metana. MM menggunakan sumber energi sederhana seperti asetat, CO_2 , H_2 atau format untuk menghasilkan metana. Reaksi yang terjadi adalah seperti pada Persamaan reaksi (4) sebagai berikut:



Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan adalah limbah cair tahu yang diambil dari pabrik tahu “Barokah” di Semarang. Eceng gondok diambil dari sungai dan lumpur aktif diambil dari Sari Husada Yogyakarta. Bahan-bahan kimia untuk analisis COD berupa asam sulfat, kalium dikromat, perak sulfat, mercury sulfat, ferro amonium sulfat, dan indikator ferroin dibeli dari CV. General Labora Yogyakarta.

Sebelum dilakukan proses pengolahan, perlu untuk diketahui karakter dari limbah cair tahu tersebut. Karakteristik limbah cair tahu dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Pabrik Tahu “Barokah” di Semarang.

Parameter	Hasil Analisis
pH	4,26
DO	4,5 ppm
COD	11628 ppm
Air	99,162 %
Abu	0.139 %
Karbohidrat	0.294%
Protein	0,155 %
Lemak	0,058 %
Serat kasar	0.191 %
Temperatur	45 °C
Warna	Kuning keruh
Bau	Berbau menyengat

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa kandungan bahan organik (COD) dalam limbah tahu sangat tinggi. Hal ini diketahui setelah dilakukan uji karakteristik di Laboratorium Teknologi Polimer di Jurusan Teknik Kimia bahwa nilai COD sebesar 11628 ppm. Konsentrasi limbah cair tahu pada kondisi tersebut sudah berada di atas ambang batas yang diperbolehkan. Hal ini dapat dilihat pada baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri (Kep/MENLH/10/1995), bahwa parameter COD golongan baku mutu limbah cair golongan I adalah 100 ppm dan golongan baku mutu limbah cair golongan II adalah 300 ppm. Sementara untuk Perda Propinsi Jawa Tengah no.10 tahun 2004 tentang baku mutu air limbah, kandungan COD maksimum dalam air limbah adalah sebesar 275 ppm.

Alat yang digunakan adalah bak yang dibuat dari kayu dengan ukuran panjang 115,5 cm, lebar

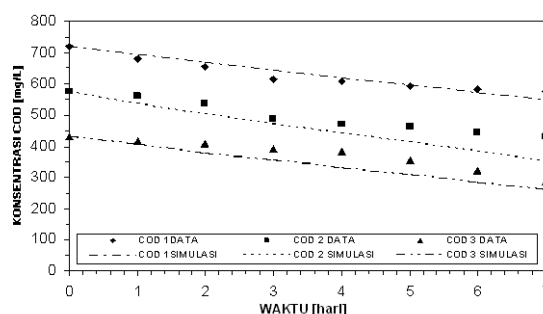
76,5 cm, dan tinggi 40,5 cm. Bak tersebut dilapisi dengan pelapis plastik yang dilengkapi dengan mistar dan pompa akuarium, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Alat lain yang digunakan untuk pengamatan adalah pH meter, Thermohigrometer, DO meter, dan peralatan untuk analisis konsentrasi COD limbah cair tahu.

Pelaksanaan Penelitian

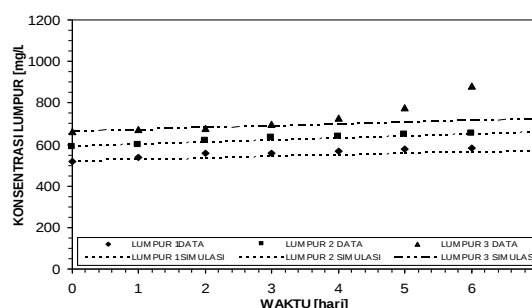
Pelaksanaan penelitian secara urut dapat dijelaskan sebagai berikut: tanaman eceng gondok dibersihkan dari kotoran dan tanah yang ada pada akarnya, kemudian diaklimatisasi selama satu minggu. Tahap berikutnya adalah mengisi bak dengan limbah cair tahu pada berbagai variasi konsentrasi COD berdasarkan uji pendahuluan ditambah dengan lumpur aktif dan diatasnya ditanami eceng gondok. Sebelum dimasukkan kedalam bak, eceng gondok ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui massa awal dari eceng gondok. Selanjutnya tanaman eceng gondok ditanam dalam limbah cair tahu yang telah bercampur dengan lumpur aktif diaduk dengan pompa akuarium; diamati perubahan ketinggian air, derajat keasaman (pH), kelembaban, DO, dan dianalisis konsentrasi COD setiap hari selama 8 hari menggunakan metode *refluk* terbuka (Novitasari, 2004). Setelah 8 hari pengamatan, eceng gondok ditimbang untuk mengetahui massa akhir eceng gondok.

Pada kondisi awal, lumpur aktif yang digunakan untuk mengolah limbah cair tahu adalah 516 ppm. Pada penelitian ini lumpur aktif tumbuh dengan subur, hal ini ditandai dengan bertambahnya massa lumpur aktif. Pertumbuhan lumpur aktif diamati setiap hari. Konsentrasi lumpur awal 516 menjadi 968 ppm pada hari ke-22. Setelah dilakukan analisis selama 22 hari, dapat dilihat penurunan konsentrasi COD. Penurunan konsentrasi COD awal hingga akhir perlakuan adalah 720-287 ppm. Hal ini menunjukkan adanya zat organik yang terserap oleh eceng gondok dan lumpur aktif sebagai sumber energi. Limbah cair tahu yang diolah dengan menggunakan lumpur aktif dan eceng gondok mengalami penurunan konsentrasi COD sampai 285 ppm. Dengan demikian maka limbah cair tahu yang telah diolah dengan menggunakan kombinasi sudah berada di bawah baku mutu limbah cair golongan II yaitu sebesar 300 ppm. Pada perlakuan menggunakan kombinasi eceng gondok dan lumpur aktif, bau menyengat mulai hilang sejak pertama. Menurut Junaidi (2006) hal ini disebabkan karena amoniak yang timbul saat

penguraian protein oleh mikroba mengalami proses nitrifikasi (menghasilkan NO_2 dan NO_3) dan denitrifikasi (menghasilkan N_2). Mikroorganisme yang terdapat dalam lumpur aktif juga dapat mengoksidasi H_2S menjadi sulfur sehingga bau busuk yang timbul karena adanya H_2S juga hilang (Effendi, 2003). Data hasil pengamatan dapat dilihat pada gambar 2-3.



Gambar 2. Perubahan COD setiap waktu



Gambar 3. Perubahan konsentrasi lumpur setiap waktu

Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis selama 22 hari, dapat dilihat penurunan konsentrasi COD. Penurunan konsentrasi COD awal hingga akhir perlakuan adalah 720-287 ppm. Hal ini menunjukkan adanya zat organik yang terserap oleh eceng gondok dan lumpur aktif sebagai sumber energi. Limbah cair tahu yang diolah dengan menggunakan lumpur aktif dan eceng gondok mengalami penurunan konsentrasi COD sampai 285 ppm. Dengan demikian maka limbah cair tahu yang telah diolah dengan menggunakan kombinasi sudah berada di bawah baku mutu limbah cair golongan II yaitu sebesar 300 ppm. Pada perlakuan menggunakan kombinasi eceng gondok dan lumpur aktif, bau menyengat mulai hilang sejak pertama. Hal tersebut disebabkan karena amoniak yang timbul saat penguraian protein oleh mikroba mengalami proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Mikroorganisme yang terdapat dalam lumpur aktif

juga dapat mengoksidasi H_2S menjadi sulfur sehingga bau busuk yang timbul karena adanya H_2S juga hilang.

Daftar Pustaka

- Antara, N.Y., 1993, "Aklisasi Lumpur Aktif dan Penerapannya dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu", Tesis S2, Ilmu dan Teknologi Pangan UGM, Yogyakarta.
- Gerbono, A. dan Siregar, A., 2005, "Kerajinan Eceng Gondok", Kanisius, Yogyakarta.
- Jenie, B.S.L., 1995, "Utilization of Tofu and Tapioca Solid Wastes and Rise Brand to Produce Red Pigments by *Monascus Purpureus* in Tofu Liquid Waste Medium", *Journal Indonesian Food and Nutrition Progress*, Vol. 2, no.2, hal 24 – 29.
- Junaidi, 2006, "Proses Pengolahan Air Limbah Secara Biologi Aerobik; Materi Pelatihan Operator Instalasi Pengolahan Limbah Industri", Teknik Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Little, L.C., 1979, "Handbook of Utilization of Aquatic Plant", FAO Fisheries Technical Paper", No. 187, FAO, Roma
- Novitasari, D., 2004, "Modul Praktikum MTPPL", Laboratorium Analisis Dengan Instrumen, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Setiadi, T. dan Dewi, R.G., 2003, "Pengolahan Limbah Industri", Departemen Teknik Kimia, ITB, Bandung.
- Sriyana, H.Y., 2006, "Kemampuan Eceng Gondok dalam Menurunkan Kadar Pb(II) dan Cr (VI) Pada Limbah dengan Sistem Air Mengalir dan Sistem Air Menggenang", Tesis S2, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Kimia UGM, Yogyakarta.
- Thayagajaran, G., 1984, "Proseeding of the International Conference on Water Hyacinth", Hyderabad, Hindia, UNEP, Nairobi.
- Tripathi B.D & Shukla S.C., 1991, "Biological Treatment of Wastewater by Selected Aquatic Plants", *Environmental Pollution* 69 : 69-78.
- Widyaningsih, T.S., 2007, "Penyerapan Logam Cr total dan Cu^{2+} Dengan Eceng Gondok Pada Sistem Air Mengalir", Tesis S2, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Kimia UGM, Yogyakarta.
- Widajanti W.; Rizka R.;Melviana, "Studi Pengolahan Air Sirkulasi Proses Painting dengan Menggunakan Lumpur Aktif, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia Kampus Depok.
- Zimmels, Y., Kirzhner, F.A., and Malkovskaja, 2005, "Application of *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* for treatment of urban sewage in Israel", *Journal of Environmental Management* 81, 420-428.