

PENGARUH BIOREMEDIASI SEMANGGI PADA LIMBAH CAIR TAHU  
TERHADAP KELULUSHIDUPAN BENIH IKAN LELEDUMBO

Sobri Nuryadin <sup>1)</sup>, Darlen Sikumbang <sup>2)</sup> dan Pramudiyanti <sup>2)</sup>  
e-mail: verdianto\_@yahoo.co.id HP: 085669788585

**ABSTRAK**

The purpose of this study was to: Determine the effect of clover plants in bioremediation of wastewater out of the seed survival of African catfish at LC 50-96 hours, and worksheets prepare students for teaching biology to sub material waste and recycle waste. The parameters measured were survival factors catfish and chemical physics (BOD, COD, pH, and temperature) before and after bioremediation. Data analyzed using the probit method. research design using a completely randomized design. The treatment consisted of five variations of clover plant biomass, namely: 0 g (control), 400 g, 300 g, 200 g, 100 g, with 3 replications, while the waste volume was 10 liters respectively with actual treatment at a concentration of 50% for each treatment. The results showed that biomass was approaching LC 50-96 h at 292 885 g. The biomass applied research in schools in was form of worksheets and tested with students' questionnaire responses, where the test results of the questionnaire 96% of students responded positively to the lab Bioremediation using clover.

Tujuan penelitian ini adalah untuk: mengetahui pengaruh bioremediasi tumbuhan Semanggi pada limbah cair tahu terhadap kelulushidupan benih ikan lele dumbo pada LC 50-96 jam, dan menyusun lembar kerja siswa untuk pembelajaran biologi untuk sub materi limbah dan daur ulang limbah. Parameter yang diamati adalah kelulushidupan ikan lele dan faktor fisika kimia (BOD, COD, pH, dan Suhu) sebelum dan sesudah bioremediasi. Data dianalisis menggunakan metode probit. Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Perlakuan terdiri dari lima variasi biomassa tumbuhan semanggi, yaitu: 0 g (kontrol), 400 g, 300 g, 200 g, 100 g, dengan 3 kali pengulangan, sedangkan volume limbah adalah masing-masing 10 liter dengan perlakuan sesungguhnya pada konsentrasi 50% untuk tiap perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biomassa yang mendekati LC 50- 96 jam pada biomassa 292.885 g. Hasil penelitian diaplikasikan disekolah dalam bentuk LKS dan diuji dengan angket tanggapan siswa, dimana dalam hasil uji angket 96 % siswa positif tanggapannya terhadap praktikum Bioremediasi menggunakan semanggi.

Kata kunci: bioremediasi, kelulushidupan, lele dumbo, limbah cair tahu, tumbuhan semanggi,

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Pendidikan Biologi

<sup>2</sup> Staf Pengajar

## PENDAHULUAN

Industri tahu telah berkontribusi dalam penyediaan pangan bergizi, penyerapan tenaga kerja, dan pengembangan ekonomi daerah. Namun industri tahu juga berpotensi mencemari lingkungan, karena industri ini menghasilkan limbah (padat, cair, dan gas) yang jumlahnya cukup besar. Limbah tersebut dapat menimbulkan masalah lingkungan berupa bau tidak sedap dan polusi pada badan air penerima. Akibat dari dampak negatif tersebut, pengembangan industri tahu sering menghadapi hambatan dari masyarakat sekitarnya yang merasa terganggu.

Hasil penelitian Romli dan Suprihatin (2009:152) menunjukkan dari 1 kg kedelai dihasilkan tahu sejumlah  $3,3 \pm 0,7$  kg dan ampas tahu sejumlah 2,0-2,2 kg. jumlah limbah cair per kg kedelai yang diolah adalah  $17 \pm 3$  L. Sementara itu, EMDI dan BAPEDAL (dalam Pohan, 2008:12), menjelaskan jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuat tahu kira-kira 15-20 l/kg bahan baku kedelai. Sedangkan karakteristik dari limbah

cair tahu adalah temperaturnya melebihi temperature normal badan air penerima ( $60-80^{\circ}\text{C}$ ), warna limbah putih kekuningan dan keruh,  $\text{pH} < 7$ , COD (*Chemical Oxygen Demand*) 1534 mg/L, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) 950 mg/L, TSS (*Total Suspended Solid*) 309 mg/L. Padatan tersebut sebagian berupa kulit kedelai, selaput lendir, protein, lemak, karbohidrat, dan *orthophosphat*. Limbah cair ini di perairan selain berpotensi menimbulkan bau busuk karena proses anaerob pada perombakan protein, lemak, dan karbohidrat oleh mikroorganisme, juga menambah beban pencemaran air (Supriyanto dalam Pohan, 2008:14).

Berkaitan dengan hal di atas diketahui bahwa limbah cair tahu mengandung zat toksik dan mikroba yang berbahaya bagi hewan dan tumbuhan, sehingga air limbah tidak bisa dimanfaatkan secara langsung untuk keperluan dan apabila dibuang ke sungai akan menyebabkan pencemaran perairan dan mengganggu kehidupan biota air. Hal ini sejalan dengan hasil uji pendahuluan yang dilakukan pada 20 Januari 2013, diketahui limbah cair tahu yang

diperoleh dari *outlet* limbah masyarakat, menyebabkan kematian benih ikan lele 100% dari jumlah sampel 10 ekor pada konsentrasi 25%, 50%, 75 % dan 100% yang diuji sebanyak 3 kali pengulangan. Setelah dianalisis waktu mortalitas benih ikan lele, hanya pada konsentrasi 25% yang dapat bertahan lebih dari 24 jam pertama. Oleh karena itu, dilakukan uji lanjutan untuk menentukan LC 50% dengan menurunkan rentang konsentrasi dari 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Hasil uji diperoleh LC 50% pada konsentrasi 10% atau  $10^{-5}$  ppm. Sementara itu, hasil uji faktor kimia-fisika air menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi limbah tahu, maka kadar BOD dan COD nya semakin tinggi. Kadar pH juga semakin basa pada konsentrasi yang semakin tinggi. Artinya bahwa limbah tersebut berpengaruh terhadap kelulushidupan benih ikan lele. Sehingga, diperlukan cara untuk mencegah pencemaran perairan yang timbul akibat pembuangan limbah tahu yang relatif murah dan sederhana. Langkah yang dapat dilaksanakan untuk mengatasi pencemaran perairan adalah melalui

strategi biologi dikenal dengan istilah bioremediasi.

Thomas (dalam Surtikanti, 2011:143-144) menjelaskan bioremediasi merupakan suatu teknologi aplikasi proses biologis untuk mengurangi bahan kimia beracun dan berbahaya di lingkungan dengan menggunakan bantuan organisme dari jenis tanaman, hewan, atau bakteri. Bioremediasi menggunakan tumbuhan disebut fitoremediasi. Proses bioremediasi mengandalkan tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan memobilisasi bahan pencemar, baik logam berat maupun senyawa organik. Sedangkan makhluk hidup yang digunakan untuk bioremediasi disebut bioremediator (Pramukanto dalam Surtikanti, (2011:143).

Penggunaan tumbuhan *Marsilea crenata Pres* dalam meremediasi limbah cair tahu belum banyak diketahui. Sebagai indikator keberhasilan proses bioremediasi ini maka dalam penelitian digunakan benih *Clarias gariepinus Burcell* dengan cara menguji kelulushidupannya.

Benih *Clarias gariepinus* Burcell dipilih sebagai bioindikator penelitian ini karena memiliki keistimewaan antara lain: (a) pertumbuhannya cepat; (b) dapat memanfaatkan berbagai jenis bahan untuk makanannya; (c) pemeliharaannya relatif mudah dan dapat dipelihara pada lahan yang sempit dengan padat tebar tinggi; (d) merupakan masa sangat penting dan kritis karena pada fase ini larva sangat sensitif terhadap faktor lingkungan (Muchlisin, dkk., 2003:106).

Proses pembelajaran biologi seyogianya tidak hanya disajikan dengan cara mentransfer informasi atau kajian literatur. Pembelajaran biologi hendaknya didesain dengan menghubungkan topik yang diajarkan dengan situasi dunia nyata siswa. Hal ini mengingat materi biologi sesungguhnya dekat dan berada di sekitar siswa. Uraian tersebut sejalan dengan paradigma pembelajaran kontekstual yang menghendaki suatu proses pendidikan yang holistik untuk membantu siswa memahami makna materi pelajaran yang dipelajarinya

dengan cara mengkaitkan materi tersebut dengan konteks kehidupan mereka sehari-hari (konteks pribadi, sosial dan kultural). Melalui pembelajaran kontekstual, siswa memiliki pengetahuan dan keterampilan yang secara fleksibel dapat diterapkan (ditransfer) dari satu permasalahan/konteks ke permasalahan/konteks lainnya (Depdiknas, 2003:4).

Penelitian ini diharapkan menjadi alternatif penuntun pratikum pembelajaran praktikum pada sub materi limbah dan daur ulang limbah. Selama ini, sub materi tersebut diajarkankan oleh guru melalui ceramah dengan bantuan media *power point*, sehingga pembelajaran ini belum sesuai dengan hakikat pembelajaran IPA. Oleh karena itu, penelitian ini akan diaplikasikan ke dalam bentuk lembar kerja siswa yang menunjukkan proses percobaan.

## **METODE PENELITIAN**

Populasi penelitian ini adalah seluruh benih ikan lele dumbo yang dibudidayakan peneliti dalam areal kolam. Sedangkan sampel penelitian adalah ikan lele dumbo sebanyak

200 ekor dengan berat 0,8 g dan panjang 4 – 4,5 cm usia 4 minggu. Metode penelitian ini adalah eksperimen dengan desain rancangan acak lengkap (RAL) yang disusun menurut variasi biomassa tumbuhan Semanggi . Dimana perlakuannya terdiri dari empat variasi biomassa tumbuhan Semanggi, yaitu: 0 g (kontrol), 400 g, 300 g, 200 g, dan 100 g, yang disusun secara acak dengan undian, sedangkan volume limbah adalah 10 liter untuk tiap perlakuan dengan 3 kali ulangan.

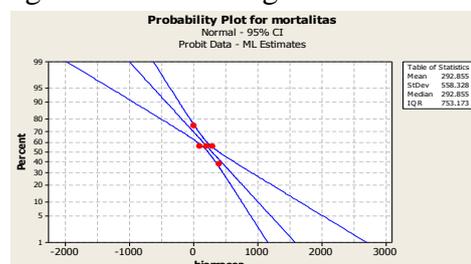
## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui toksisitas limbah cair tahu outlet pengusaha tahu di desa Pagelaran Kabupaten. Pringsewu terhadap kelulushidupan benih ikan lele dumbo pada LC 50 dan menganalisis pengaruh bioremediasi tumbuhan semanggi terhadap limbah tersebut dengan beberapa variasi biomassa. Uji ini merupakan uji bioremediasi limbah cair tahu menggunakan tumbuhan *Marsilea crenata* Presl dengan berbagai variasi biomassa dengan rentang 0 g

s.d 400 g dengan interval 100. Percobaan dilakukan selama 96 jam dengan tiga kali pengulangan . Adapun konsentrasi limbah cair tahu yang dipilih untuk diremediasi adalah 50% dengan pertimbangan bahwa: telah diketahui bahwa limbah cair tahu pada konsentrantrasi  $\pm 12\%$  merupakan LC 50 pada hewan uji, yang berarti bioremediasi dapat dilakukan di atas dari konsentrasi tersebut.

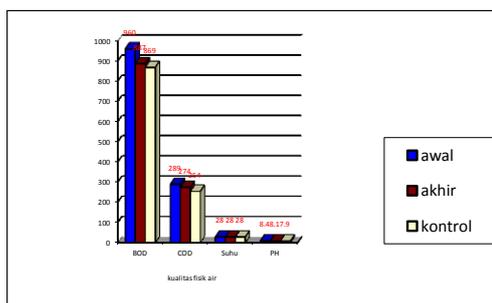
LC 50 limbah setelah dianalisis probit terdapat diantara biomassa 300 g dan 400 g, tepatnya yaitu 292.885 g. Dari segi waktu, diketahui hewan uji (benih ikan lele) rata-rata dapat bertahan hidup pada rentang 24 s.d 48 jam. Sehingga waktu 96 jam bukan merupakan waktu aman. Agar lebih jelas biomassa remediasi yang tepat untuk LC 50, maka interval tersebut digambarkan dalam grafik berikut ini.



50 limbah cair tahu diperoleh dari hasil bioremediasi tumbuhan

*Marsilea crenata* Presl dengan biomassa 292.885 g. Hal ini berarti jika akan melakukan bioremediasi limbah tahu dengan konsentrasi 50% setidaknya digunakan tumbuhan *Marsilea crenata* Presl lebih dari 292.885 g.

Ditinjau dari kualitas fisik limbah cair tahu, pengaruh bioremediasi diketahui melalui penurunan COD, BOD, dan pH. Penurunan COD dan BOD menunjukkan bahwa bioremediasi tumbuhan *Marsilea crenata* Presl dapat menyerap karbon yang terdapat pada limbah cair tahu. Penurunan pH menunjukkan bahwa bioremediasi tersebut mampu menyerap sifat basa pada limbah dan menetralkannya, sehingga pH nya mendekati netral. Sementara suhu limbah cair tahu tidak mengalami perubahan baik sebelum dan setelah remediasi. Berikut ini adalah diagram yang menggambarkan perbandingan kualitas fisik limbah cair tahu pada konsentrasi 50% sebelum remediasi dan setelah remediasi.



Gambar 4. Hasil Perbandingan Kualitas Kimia fisika air sebelum dan setelah Bioremediasi Pada konsentrasi limbah 50% dan Biomassa 292.885 gs

Untuk memantau perubahan kualitas fisik limbah juga dibandingkan dengan percobaan kontrol, yaitu menggunakan air biasa atau limbah tahu dengan konsentrasi 0%

## B. Pembahasan.

Limbah cair industri tahu yang dibuang ke badan air penerima tanpa pengolahan merupakan salah satu sumber pencemar terhadap perairan yang menyebabkan kematian biota aquatik sehingga perlu dilakukan uji toksisitas akut. Uji pendahuluan (tabel 4.1) untuk mengestimasi atau menentukan nilai LC 50 dalam penelitian ini karena terjadi kematian dua atau lebih hewan uji pada tiap konsentrasi limbah. setelah dilakukan uji pendahuluan menggunakan pengenceran rekomendasi USEPA dengan konsentrasi air limbah 0%-100% diperoleh nilai kematian hewan uji hampir 100% dengan jumlah hewan uji 10 ekor pada tiap bak. Kematian mencapai angka yang tinggi ini

disebabkan karena tingkat toksik limbah diperkirakan sangat tinggi.

Nilai LC 50 pada uji ulang yang diperoleh berdasarkan pada data jumlah kematian rata-rata *Clarias gariepinus Burcell* sebesar 12%. Batas konsentrasi terendah dan tertinggi nilai LC 50 berkisar antara 10%-15%. Dari hasil uji ulang ini diketahui bahwa limbah tahu tersebut bersifat toksik. Karakteristik buangan industri tahu meliputi dua hal, yaitu karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik Fisika meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna, dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Suhu air limbah tahu berkisar 37-45°C, kekeruhan 535-585 FTU, warna 2.225-2.250 Pt.Co, amonia 23,3-23,5 mg/l, BOD5 6.000-8.000 mg/l dan COD 7.500-14.000 mg/l (Herlambang, 2002 : 16). Suhu buangan industri tahu berasal dari proses pemasakan kedelai. Suhu limbah cair tahu pada umumnya lebih tinggi dari air bakunya, yaitu 40C-460C. Suhu yang meningkat di lingkungan perairan akan mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan

oksigen dan gas lain, kerapatan air, viskositas, dan tegangan permukaan.

Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tahu pada umumnya sangat tinggi, senyawa-senyawa organik di dalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Diantara senyawa-senyawa tersebut, protein dan lemak adalah yang jumlahnya paling besar. Protein mencapai 40-60%, karbohidrat 25-50% dan lemak 10%. Air buangan industri tahu kualitasnya bergantung dari proses yang digunakan. Apabila air prosesnya baik, maka kandungan bahan organik pada air buangannya biasanya rendah.

Komponen terbesar dari limbah cair tahu yaitu protein (N total) sebesar 226,06-434,78 mg/l, sehingga masuknya limbah cair tahu ke lingkungan perairan akan meningkatkan total nitrogen di perairan tersebut (Herlambang, 2002: 18). Gas-gas yang biasa ditemukan dalam limbah tahu adalah gas nitrogen (N<sub>2</sub>).Oksigen (O<sub>2</sub>), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), amonia (NH<sub>3</sub>), karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan

metana (CH<sub>4</sub>). Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air buangan (Herlambang, 2002:18).

Karakteristik limbah cair tahu yang dianalisis adalah COD, BOD, pH dan suhu. Nilai pH air digunakan untuk mengekspresikan kondisi keasaman (konsentrasi ion hidrogen) air limbah. Skala pH berkisar antara 1-14; kisaran nilai pH 1-7 termasuk kondisi asam, pH 7-14 termasuk kondisi basa, dan pH 7 adalah kondisi netral (Siregar, 2005). Karakteristik limbah tersebut merupakan karakteristik utama yang memiliki hubungan terhadap jumlah kematian hewan uji dan nilai LC 50. Berdasarkan percobaan bahwa semakin tinggi jumlah COD yang terkandung di dalam sampel maka nilai LC 50 semakin rendah. Semakin tinggi nilai COD akan menyebabkan turunnya nilai oksigen terlarut (DO) (Effendi, 2003).

Semakin menurunnya kadar oksigen terlarut akan mengakibatkan kematian hewan uji. Sementara itu, tingginya pH juga mempengaruhi kadar oksigen terlarut dalam limbah. Hal ini sejalan dengan pendapat

(Effendi, 2003:1) bahwa pada organisme perairan dan tingkat keracunannya sangat tergantung pada salinitas, suhu, pH dan akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut. Limbah hasil pertanian industri adalah bahan yang merupakan buangan dari proses perlakuan atau pengolahan untuk memperoleh hasil utama dan hasil samping.

Limbah cair tahu adalah hasil sampingan dari proses pembuatan tahu berupa limbah cair tahu yaitu "whey". Sebagian besar "whey" belum dapat dimanfaatkan (kadang-kadang digunakan sebagai biang), di alam akan berupa limbah organik yang akan diuraikan oleh bakteri (Dhahiyat 1990: 2). Untuk limbah industri tahu tempe ada dua hal yang perlu diperhatikan yakni karakteristik fisik dan kimia. Karakteristik fisik meliputi padatan total, suhu, warna dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Suhu buangan industri tahu berasal dari proses pemasakan kedelai. Suhu limbah cair tahu pada umumnya lebih tinggi dari air bakunya, yaitu 40<sup>0</sup>C sampai 46<sup>0</sup>C.

Pada uji bioremediasi, ditentukan konsentrasi yang diproses remediasi dengan berbagai variasi biomassa adalah 50%. Dari hasil uji tabel 4.2, diketahui bahwa tumbuhan *Marsilea crenata* Presl dapat digunakan sebagai bioremediator limbah cair tahu pada biomassa 292.885 g, Hal ini terlihat dari semakin meningkatnya kelulushidupan hewan uji (*Clarias gariepinus* Burcell) sejalan dengan meningkatnya biomassa tumbuhan bioremediator. Pada gambar 4.2 juga diketahui bahwa biomassa aman untuk bioremediasi adalah di atas 292.885 g, karena diketahui LC 50 hasil bioremediasi ditunjukkan pada biomassa tersebut. Waktu efektif untuk uji LC 50 berkisar antara 24 s.d 48 jam. Pada rentang waktu tersebut dapat ditentukan LC 50 nya, sedangkan waktu 96 jam dinilai tidak efektif karena sebagian besar hewan uji mati. Kondisi ini terjadi diduga karena masih terdapat sisa toksik pada limbah tersebut. Artinya bahwa setelah bioremediasi, konsentrasi limbah cair tahu tersebut belum tentu menjadi 0 %.

Tumbuhan *Marsilea crenata* Presl 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 *Marsilea crenata* Presl. Pada proses ini zat organik akan mengalami reaksi biologi dan terakumulasi di dalam batang tumbuhan kemudian diteruskan ke daun (Sriyana, 2006: 1).

Tumbuhan *Marsilea crenata* Presl mempunyai kemampuan menyerap substansi toksik misalnya logam berat Pb dan Cd (Surtikanti, 2011:148) dengan cara biokimiadan fisiologisnya hal ini terlihat dengan menurunnya kadar pH, COD dan BOD limbah tahu serta meningkatnya kelulushidupan benih ikan lele (*Clarias gariepinus* Burcell). Faktor yang mempengaruhi penyerapan optimal oleh tumbuhan *Marsilea crenata* Presl adalah pH, COD dan BOD. Terlihat pada konsentrasi 50% dan LC 50 pH, COD dan BOD sebelum dan sesudah remediasi mengalami penurunan demikian juga dengan hewan uji yang meningkat kelulushidupannya, sistem perakaran pada tumbuhan *Marsilea crenata* Presl yang memungkinkan semanggi

dapat menyerap toksik yang terdapat dalam limbah cair tahu atau biasa disebut rhizofiltrasi. Kemampuan semanggi dalam menyerap polutan terlihat dengan percobaan selama 10 hari. Perbedaan warna fisik air sebelum dan sesudah remediasi terlihat jelas, pada bak limbah yang diberikan perlakuan dengan tanaman semanggi dalam beberapa hari airnya terlihat lebih jernih, berbeda dengan yang tidak diberikan perlakuan warna air masih terlihat keruh.

Dari data pH, didapatkan hasil pengukuran sebelum bioremediasi lebih tinggi dibandingkan setelah bioremediasi. pH setelah bioremediasi lebih mendekati angka normal yaitu 8,1, sementara sebelum bioremediasi masih 8,7. Hasil bioremediasi optimal pada percobaan ini menunjukkan bahwa pH akhir limbah adalah 8.1. Sebagaimana diketahui bahwa pada pH 6 – 9, kehidupan biota dalam suatu perairan dapat berlangsung secara normal, baik kehidupan hewan maupun tumbuhan air, karena dalam kondisi tersebut proses-proses kimia dan mikrobiologis yang menghasilkan senyawa yang berbahaya bagi kehidupan biota serta kelestarian

lingkungan, tidak terjadi. Dengan demikian maka pH limbah cair tahu yang telah melalui proses bioremediasi telah memenuhi syarat untuk dikategorikan pada pH normal.

Efek bioremediasi terhadap penurunan BOD dan COD terjadi melalui penyerapan bahan organik oleh tumbuhan *Marsilea crenata* Presl. Limbah cair tahu di perairan berpotensi menimbulkan bau busuk karena proses anaerob pada perombakan protein, lemak, dan karbohidrat. Setelah zat-zat organik tersebut diserap, otomatis beban atau kebutuhan oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk mendegradasi atau menguraikan bahan organik tersebut menjadi berkurang. Setelah bioremediasi BOD mengalami penurunan yang diduga disebabkan mikroorganisme pengurai di dalam limbah banyak yang letal karena berkurangnya zat organik akibat diserap oleh bioremediator. Selain itu, adanya difusi oksigen secara alami ke dalam air. Oksigen disuplai salah satunya hasil fotosintesis bioremediator itu sendiri. Dalam suatu perairan, CO<sub>2</sub> dapat menimbulkan efek toksik terhadap

biota, terutama hewan air apabila kadar CO<sub>2</sub> tersebut lebih dari 20 mg/l. Dengan demikian maka kadar CO<sub>2</sub> limbah rumah tangga yang telah melalui proses bioremediasi, telah memenuhi syarat untuk dilepas ke lingkungan.

Tumbuhan *Marsilea crenata Presl* berpotensi sebagai tumbuhan bioremediasi, karena mampu menyerap logam berat Cd dan Pb. Kemampuan ini perlu diwaspadai dalam penggunaan daun semanggi sebagai bahan makanan, terutama bila daunnya diambil dari lahan tercemar logam berat. Potensi sebagai penyedia hara kurang, tapi berpotensi menekan anakan padi sehingga oleh petani semanggi air dibuang.

Tumbuhan *Marsilea crenata Presl* yang tampak tidak memiliki nilai ekonomis tinggi, ternyata memiliki kemampuan sebagai tumbuhan yang berperan dalam mengurangi dampak pencemaran lingkungan.

Pengendalian pencemaran lingkungan perairan akibat Pb secara biologis (misalnya fitoremediasi) merupakan metode yang sangat efektif, disamping mudah, murah,

memberikan manfaat yang besar, juga relatif tidak menimbulkan dampak sampingan.

### **C. Aplikasi Penelitian Dalam Bentuk Lembar Kerja Siswa**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dipergunakan sebagai salah satu sumber belajar untuk memfasilitasi pemahaman materi pokok ekosistem sub materi pokok limbah dan daur ulang limbah pada kurikulum SMA kelas X. Adapun kompetensi dasar yang harus dicapai pada materi pokok ini antara lain siswa diharapkan dapat (1) menganalisis jenis-jenis limbah dan daur ulang limbah; (2) membuat produk daur ulang limbah. Agar kompetensi tersebut dapat dicapai, maka pembelajaran kontekstual diduga cocok untuk pencapaian kompetensi tersebut. Melalui pembelajaran kontekstual ini, guru dapat menggunakan sumber belajar yang di dalamnya terkandung nilai-nilai/konteks yang dekat dengan kehidupan sehari-hari siswa. Nilai-nilai tersebut dapat diambil dari berbagai sumber belajar yang digunakan selama proses pembelajaran. Sumber belajar adalah segala sesuatu yang ada di luar diri

siswa dan yang dapat memfasilitasi peningkatan pengetahuan siswa. Menurut *Association For Education Communication and Technology* (AECT) (dalam Pidiro, 2008: 44) menyatakan bahwa salah satu sumber belajar yang dapat digunakan adalah dalam bentuk bahan yaitu buku berisi lembar kegiatan siswa. Materi pokok ekosistem sub materi pokok limbah dan daur ulang limbah diduga lebih cocok dibelajarkan dengan metode praktikum. Berbagai penelitian terbaru menunjukkan bahwa siswa lebih terlibat dalam pembelajaran ketika materi disajikan dengan strategi pembelajaran aktif. Guru harus pandai dalam memilih sumber belajar karena dalam proses belajar mengajar ada sejumlah nilai yang disampaikan kepada anak didik.

Nilai-nilai tersebut terambil dari berbagai sumber belajar yang dipakai dalam proses belajar mengajar. Sumber belajar adalah segala macam yang ada di luar diri seseorang (peserta didik) dan yang memungkinkan (memudahkan) terjadinya proses belajar (Rohani, 1997: 102).. Sumber-sumber belajar itulah yang memungkinkan kita

berubah dari tidak tahu menjadi tahu, dari tidak mengerti menjadi mengerti, dari tidak trampil menjadi trampil (Rohani, 1997: 102). Menurut *Association For Education Communication and Technology* (AECT) dalam Rohani (1997: 108) salah satu sumber belajar yang dapat digunakan adalah dalam bentuk bahan yaitu buku berisi lembar kegiatan siswa. Sejalan dengan hal tersebut, Woolnough & Allsop (dalam Rustaman, *et al.*, 2003) mengemukakan empat alasan pentingnya kegiatan praktikum IPA, khususnya biologi yaitu: (1) praktikum dapat membangkitkan motivasi belajar IPA bagi siswa, karena siswa diberi kesempatan untuk memenuhi dorongan rasa ingin tahu dan ingin bisa; (2) praktikum dapat mengembangkan keterampilan dasar melakukan eksperimen; (3) praktikum dapat menjadi wahana belajar pendekatan ilmiah; (4) praktikum dapat menunjang materi pelajaran. Kegiatan praktikum memberikan kesempatan kepada siswa untuk membuktikan teori bahkan menemukan teori. Selain itu, praktikum dalam pelajaran biologi dapat membentuk ilustrasi bagi

konsep dan prinsip biologi. Oleh karena itu, hasil penelitian ini akan diterapkan dalam bentuk penuntun praktikum untuk memfasilitasi pembelajaran biologi siswa.

Selain itu seorang guru dalam kegiatan belajar-mengajar harus memiliki strategi agar anak didik dapat belajar secara efisien, mengenai pada tujuan yang diharapkan. Salah satu langkah untuk memiliki strategi itu adalah harus menguasai teknik-teknik penyajian atau biasanya disebut metode mengajar. Jadi, metode adalah strategi pengajaran sebagai alat untuk mencapai tujuan (Djamarah dan Zain, 2006: 3).

Setelah dilakukan perencanaan yang matang, praktikum dapat dilaksanakan selama 4 jam pelajaran. Siswa dibimbing untuk membentuk kelompok heterogen, kemudian diberi LKS dan dibimbing untuk melaksanakan praktikum. Setelah kegiatan praktikum selesai, masing-masing kelompok diminta menyajikan hasil praktiknya, selanjutnya guru membimbing siswa untuk berdiskusi, memberikan *feedback*, dan mengarahkan siswa untuk memperoleh kesimpulan yang

tepat. Pada akhir pembelajaran dilakukan evaluasi untuk mengetahui pencapaian kompetensi siswa pada sub materi pokok limbah dan daur ulang limbah.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis data, pengujian hipotesis, dan pembahasan dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. LC 50 Limbah cair tahu outlet pengusaha tahu desa Pagelaran Kab. Pringsewu terbukti bersifat toksik terhadap *Clarias gariepinus* *Burcell* pada konsentrasi 12%.
- b. Bioremediasi tumbuhan *Marsilea crenata* Presl memberikan pengaruh positif terhadap limbah tahu dengan LC 50 pada biomassa 292.885 g.
- c. Karakteristik LKS atau panduan praktikum yang cocok untuk pembelajaran konsep limbah dan daur ulang limbah berdasarkan penelitian ini adalah bentuk LKS inkuiri terbimbing.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Dhahiyat, Y. 1990. *Kandungan limbah cair pabrik tahu dan*

- pengolahannya dengan eceng gondok (Eichhornia crassipes (Mart) Solms.) Tesis. Program Pasca sarjana Institut Pertanian Bogor*
- Djamarah, S. B., dan A. Zain. 2006. *Strategi Belajar Mengajar*. PT Asdi Mahasatya. Jakarta.
- Depdiknas. 2003. *Panduan Penyusunan Bahan Ajar*. Jakarta. Depdiknas
- Effendi. 2003. *Rekayasa Air dan Limbah Cair*. *Jurnal bio sains* Vol 4. diakses 10 mei 2012
- Herlambang. 2002. *Teknologi Pengolahan Sampah dan air limbah*.
- Muchlisin, Z.A, dkk. 2003. *Pengaruh Beberapa Jenis Pakan Alami Terhadap Perumbuhan Dan Kelulushidupan Larva Ikan Lele Dumbo (Clarias gariepinus )*. *Jurnal Biologi* Vol. 3 No. 2 Desember 2003. Diakses 10 mei 2012 pukul 10.00
- Pramukanto, Q. 2004. *Inkongbndo; Pengendali Pencemaran Air secara Biologis*. [http:// www.kompas. Com /Ilmu Pengetahuan. htm](http://www.kompas.com/Ilmu/Ilmu_Pengetahuan.htm). H 1-3.3 him.
- Pidiro, A. 2008. *Pengaruh Bioremediasi Tumbuhan Kayu Apu Pada Limbah Cair Tapioka Terhadap Indeks Mitosis Akar Bawang Bombay*. Unila. Lampung.
- Pohan, N. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Proses Biofilter Aerobik*. Tesis Master.
- Rohani, A. 1997. *Media Inruktusional Edukatif*. Cetakan pertama. Jakarta. PT Rineka Cipta.
- Romli, M dan Suprihatin, 2009. *Beban Pencemaran Limbah Cair Industri Tahu Dan Analisis Alternatif Strategi Pengelolaannya*. *Jurnal Purifikasi*, Vo1. 10, No.2, Desember 2009: 141 -154. diakses 10 Mei 2012 pukul 09.45
- Rustaman, N. 2005. *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. UM Press. Malang
- Siregar 2005. *Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu*
- Sriyana. 2006. *Penyerapan Air Tanah Oleh Akar Tanaman*. Satepeper akon. [blogspot.com](http://blogspot.com). hal 1.
- Surtikanti, H.K. 2011. *Toksikologi Lingkungan dan Metode Uji Hayati*. Bandung. Rizqi Press