

I. PENDAHULUAN

A. Latar belakang

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.

Dalam proses produksi tahu digunakan air dengan jumlah besar, yaitu untuk perendaman dan pencucian kedelai, penggilingan, pemasakan, dan penyaringan sari kedelai. Ada perbedaan jumlah pemakaian air untuk proses produksi tahu di daerah studi. Sebagian air (sekitar 15%) yang ditambahkan ke dalam proses terikut dalam tahu dan ampas tahu, dan sebagian besar sisanya keluar sebagai limbah cair. 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 ± 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°C), warna limbah putih kekuningan dan keruh, 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 mikroorganismenya, 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. Organisme tersebut bekerja dalam perombakan maupun penyerapan bahan polutan sehingga air atau sedimen yang tercemar bahan polutan mengalami degradasi pengurangan bahan polutan. Bioremediasi dipilih sebagai teknologi remediasi unggulan karena teknologi ini memiliki beberapa keuntungan yang dapat menjadi solusi masalah pencemaran secara murah, tuntas, dan bersifat ramah lingkungan.

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 Burchell* dengan cara menguji kelulushidupannya.

Benih *Clarias gariepinus Burchell* 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 praktikum pembelajaran 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.

B. Rumusan masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana pengaruh bioremediasi tumbuhan *Marsilea crenata Presl* pada limbah cair tahu terhadap kelulushidupan benih *Clarias gariepinus Burchell?*”. Agar rumusan masalah lebih operasional maka diuraikan lebih rinci menjadi beberapa pertanyaan penelitian, sebagai berikut:

1. Berapakah konsentrasi limbah cair tahu yang mempengaruhi kelulushidupan 50% (LC 50-96 jam) benih *Clarias gariepinus Burchell?*
2. Bagaimanakah pengaruh bioremediasi tumbuhan *Marsilea crenata Presl* pada limbah cair tahu terhadap kelulushidupan benih *Clarias gariepinus Burchell* (LC 50-96 jam)?.
3. Bagaimanakah menyusun lembar kerja siswa untuk sub materi limbah dan daur ulang limbah?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui konsentrasi limbah cair tahu yang mempengaruhi kelulushidupan 50% (LC 50-96 jam) benih *Clarias gariepinus Burchell*.
2. Mengetahui pengaruh bioremediasi tumbuhan *Marsilea crenata Presl* pada limbah cair tahu terhadap kelulushidupan benih *Clarias gariepinus Burchell* pada LC 50-96 jam.

3. Menyusun lembar kerja siswa untuk sub materi limbah dan daur ulang limbah.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis dan memberi sumbangan dari segi praktis.

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi tulisan ilmiah yang memberikan informasi teoritis berupa panduan bioremediasi limbah tahu menggunakan tumbuhan *Marsilea crenata Presl* dan pengaruhnya terhadap kelulushidupan benih *Clarias gariepinus Burchell*.

2. Manfaat Praktis

Manfaat praktis penelitian ini antara lain:

1. Memberikan sumbangan pemikiran dalam menyusun lembar kerja siswa pada sub materi limbah dan daur ulang limbah.
2. Sebagai salah satu sumber belajar biologi sub materi limbah dan daur ulang limbah;
3. Sebagai alternatif strategi pembelajaran yang berbasis kontekstual.
4. Memberikan pengalaman belajar baru bagi siswa dalam mempelajari sub materi limbah dan daur ulang limbah.

E. Ruang Lingkup Penelitian

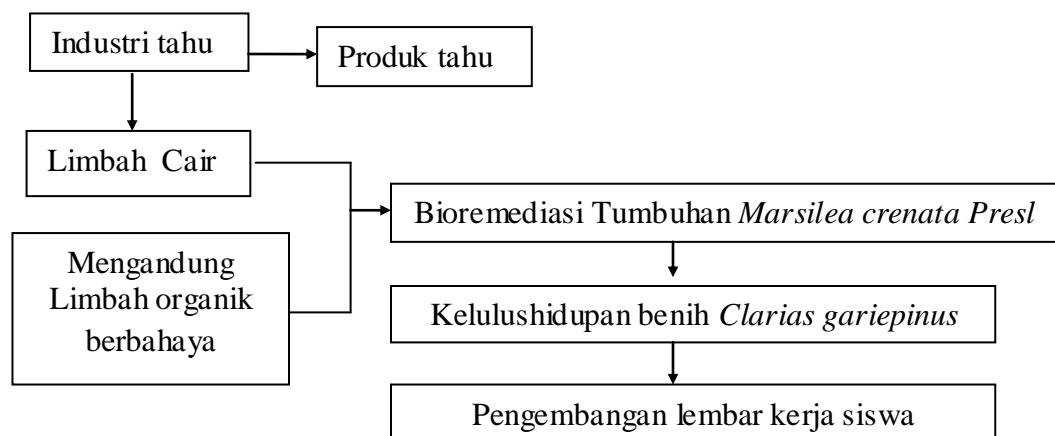
Agar tidak terjadi kekeliruan penafsiran, maka ruang lingkup dalam penelitian ini didefinisikan sebagai berikut:

1. Pengaruh didefinisikan sebagai daya yang ada atau timbul dari sesuatu (orang atau benda) yang ikut membentuk watak, kepercayaan, atau perbuatan (KBBI, 2002:849)
2. Tumbuhan *Marsilea crenata* Presl yang digunakan dalam bioremediasi diambil dari sawah petani yang diduga yang belum tercemar limbah cair dari industri pembuatan tahu.
3. Limbah cair yang digunakan adalah limbah cair yang siap dibuang ke lingkungan (*outlet*) dari industri pembuatan tahu di desa Gemahripah Kec. Pagelaran Kab. Pringsewu.
4. Parameter yang diamati adalah kelulushidupan benih *Clarias gariepinus* Burchell pada LC 50 dan faktor fisika-kimia sebelum dan sesudah bioremediasi (pH, Suhu, COD, BOD, perubahan warna) sebagai data pendukung.
5. Benih *Clarias gariepinus* Burchell yang digunakan, adalah larva hasil pemijahan yang berusia 3-4 minggu (berat 0,8 g).

F. Kerangka Pemikiran

Dalam kegiatan industri pembuatan tahu, air limbah akan mengandung zat atau kontaminan yang dihasilkan dari sisa bahan baku, sisa pelarut atau bahan aditif, produk terbuang atau gagal, pencucian dan pembilasan peralatan, *blowdown* beberapa peralatan seperti *kettle boiler* dan sistem air pendingin, serta *sanitary wastes*. Agar dapat memenuhi baku mutu, industri seharusnya menerapkan prinsip pengendalian limbah secara cermat dan terpadu baik di dalam proses produksi dan setelah proses produksi.

Kunci untuk mengurangi pencemaran adalah mencegah bahan-bahan yang masih bermanfaat terbawa limbah cair. Pada kenyataannya, proses pembuatan tahu yang dilakukan oleh salah seorang pengusaha tahu di desa Gemahripah Kec. Pagelaran Kab. Pringsewu, belum melaksanakan pengelolaan limbah cair dari buangan industri. Limbah hanya dibuang begitu saja pada galian tanah yang tidak telalu dalam dan mengalir ke sawah. Dari kondisi tersebut, melatarbelakangi penelitian mengenai bioremediasi limbah tahu menggunakan *Marsilea crenata* Presl terhadap kelulushidupan benih *Clarias gariepinus* Burchell. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu lembar kerja siswa bagi siswa SMA kelas X. Bagan kerangka pemikiran penelitian ini disajikan sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Kerangka Pemikiran

G. Hipotesis

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (Tidak ada pengaruh bioremediasi tumbuhan *Marsilea crenata* Presl pada limbah cair tahu terhadap kelulushidupan benih *Clarias gariepinus* Burchell pada LC 50).

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ (Ada pengaruh bioremediasi tumbuhan *Marsilea crenata* Presl pada limbah cair tahu terhadap kelulushidupan benih *Clarias gariepinus* Burchell pada LC 50).