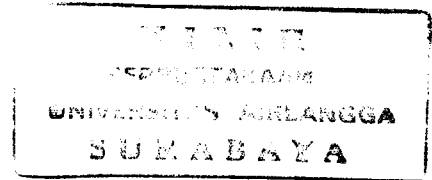


BAB I PENGANTAR



1.1 LATAR BELAKANG

Pertambahan penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat menimbulkan peningkatan volume, jenis, dan karakteristik limbah. Jumlah penduduk dan tingkat kehidupan yang semakin maju menyebabkan jumlah pengguna air semakin bertambah, terutama penggunaan air bersih. Peningkatan jumlah pengguna air mengakibatkan kuantitas dan kualitas air bersih tersebut cenderung menurun, terutama di kota-kota besar seperti Jakarta, Bandung, Surabaya, Malang. Kondisi tersebut menyebabkan sarana dan prasarana penyehatan lingkungan tidak memenuhi syarat kesehatan dan semakin tinggi pula jumlah buangan domestik yang memasuki badan air (Entjang, 1997; Soemirat, 1994; DRN, 2010). Sebagian besar sumur gali daerah padat penduduk Kota Malang tidak memenuhi syarat konstruksi dan syarat lokasi, yakni kurang dari 10 meter dari sumber pencemar seperti *septic tank* (Waluyo, 1997; 1998).

Kondisi lingkungan Kota Malang dapat mempengaruhi volume, jenis, dan karakteristik limbah dibandingkan kota lain, termasuk karakteristik mikroba yang ada dalam limbah cair domestiknya. Kota Malang, pada tahun 2010 dengan jumlah penduduk 820.243 jiwa yang memiliki luas 110.06 km², ini berarti bahwa kepadatan penduduk kota Malang adalah 7.453 jiwa/ km². Kota Malang yang terletak pada ketinggian antara 440 - 667 meter di atas permukaan air laut, merupakan salah satu kota tujuan wisata di Jawa Timur karena potensi alam dan iklim yang dimiliki. Letaknya berada ditengah-tengah wilayah Kabupaten Malang yang terletak pada 112,06° - 112,07° Bujur Timur dan 7,06° - 8,02° Lintang Selatan. Kota Malang selama tahun 2008 mempunyai rata-rata suhu udara antara 22,7°C - 25,1°C, dengan suhu maksimum mencapai 32,7°C dan suhu minimum 18,4°C. Rata-rata kelembapan udara berkisar antara 79% - 86%. Kelembapan maksimum 99% dan minimum mencapai 40% (Dinas Kominfo Pemkot Malang, 2011). Seperti kota besar lainnya, permasalahan yang dihadapi adalah pencemaran lingkungan, salah satunya berasal dari limbah cair domestik (rumah tangga).

Banyaknya limbah cair domestik yang memasuki badan air, menyebabkan berbagai penyakit menular mudah berjangkit. Limbah cair domestik merupakan sumber mikroba pencemar penyebab berbagai penyakit dan sangat berpotensi menjadi sumber penularan penyakit oleh patogen yang dibawa melalui air. Konsekuensinya, limbah cair domestik tersebut harus dikontrol dan diolah terlebih dahulu dengan metode dan teknik pengelolaan yang berwawasan lingkungan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan (DRN, 2010; Mukono, 2008; Metcalf and Eddy, 2003; Soemirat, 1994; Sugiharto, 1987).

Limbah cair adalah air buangan yang berasal dari aktivitas manusia yakni berasal dari pemukiman, perdagangan, perkantoran dan industri, yang dapat bersama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan (yang mungkin ada) (Metcalf and Eddy, 2003; Sugiharto, 1987). Limbah cair domestik adalah limbah cair yang berasal dari kegiatan rumah tangga, pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama; termasuk di dalamnya air buangan yang berasal dari WC, kamar mandi, tempat cuci, dan tempat memasak. Limbah cair domestik juga dihasilkan dari sisa-sisa air cucian, sisa buangan kamar mandi, tempat pencucian peralatan perumahan, minyak goreng bekas, deterjen, sabun, dan zat-zat sisa lainnya (Mukono, 2008; Metcalf and Eddy, 2003; Kepmen LH Nomor 112, 2003; Sugiharto, 1987).

Limbah cair umumnya terdiri dari $\pm 99,9\%$ air. Jumlah bahan padat yang tersuspensi di dalamnya sangat kecil sehingga dinyatakan dengan satuan ppm (*part per million* = bagian persepjuta). Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Sifat fisik penting yakni kandungan zat padat, kejernihan, bau, dan warna (Adesemoye, et al., 2006; Soemirat, 1994; Fardiaz, 1992; Pelczar dan Chan, 1988 Sugiharto, 1987). Komponen lain dalam limbah cair domestik adalah deterjen, sabun cuci, sabun mandi, sampho, dan sisa disinfektan (Wind and Henkel, 2007).

Kandungan bahan kimia utama dalam limbah cair adalah bahan organik dan bahan anorganik. Limbah dengan pengotoran sedang, ada $\pm 75\%$ dari benda-benda tercampur dan 40% dari zat padat yang dapat disaring adalah berupa bahan organik alami. Zat organik merupakan kombinasi dari unsur C (karbon), H (hidrogen), O

(oksigen), dan N (nitrogen). Unsur lain yang penting adalah S (belerang), P (fosfor), dan Fe (besi). Pada umumnya kandungan bahan organik dalam air limbah berisi 40-60% protein, 25-30% karbohidrat, dan lemak atau minyak. Jumlah kandungan bahan anorganik yang dihasilkan tergantung dari sumber air limbah itu berasal. Biasanya kandungan bahan anorganik dari limbah mengandung klorida, sulfur, nitrogen, metana, zat beracun seperti tembaga, timbal, perak, krom, arsen, boron dan sianida (Sugiharto, 1987; Soemirat, 1994; Rahman, et al., 2000).

Adanya jenis bahan kimia berbahaya dalam limbah cair domestik, membutuhkan penanganan khusus terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Keefektifan penanganan ini tergantung pada perubahan proses biokimia yang dihasilkan berbagai macam mikroba dan faktor lingkungan (Kadri, 2003; Waluyo, 2002; Suriawiria, 1996; Pelczar dan Chan, 1988; Laksmi dan Rahayu, 1993; Bahar, 1986). Limbah cair domestik selain mengandung sisa-sisa buangan mudah diuraikan, masih banyak mengandung beberapa zat yang tidak mudah diuraikan. Zat-zat yang tidak mudah terurai, misalnya sisa zat pembunuh kuman, sisa zat pembunuh serangga, sisa deterjen, dan pestisida. Beberapa zat tersebut dapat mematikan mikroba pengurai alamiah yang seharusnya ada pada air limbah, yang berakibat jumlah polutan tidak seimbang dengan mikroba pengurai alamiah (Mukono, 2005; Kadri, 2003; Suriawiria, 1996; Pelczar dan Chan, 1988).

Salah satu upaya penanganan limbah cair domestik secara mikrobiologi yakni dengan memanfaatkan isolat mikroba asli (indigen) yang berpotensi menguraikan limbah tersebut. Secara alamiah mikroba yang berpotensi sebagai pengurai didapatkan dengan mengisolasi dari limbah itu sendiri, kemudian dikultur secara *in vitro* di laboratorium. Inokulan yang digunakan berasal dari mikroba asli baik dalam bentuk senyawa tunggal atau kelompok berbagai spesies (konsorsium). Mikroba yang paling berpotensi dalam penguraian limbah dan mematikan patogen diperbanyak di laboratorium untuk digunakan sebagai starter penguraian limbah (Alexander, 1994; Atlas and Philp, 2005; Boon, et al., 2000; Cirne, et al., 2006; Handayanto dan Hairiah, 2007; Mukred, et al., 2008).

Mikroba unggul yang berpotensi dalam penguraian limbah bila diintroduksi ke dalam limbah cair domestik akan mempengaruhi mikroba lainnya. Mikroba unggul harus toleran terhadap berbagai jenis dan konsentrasi deterjen. Mikroba yang ada

dalam komunitas limbah sendiri berinteraksi satu sama lainnya. Bentuk interaksi berupa interaksi yang menguntungkan sampai interaksi yang saling merugikan. Namun demikian, dalam teknologi penguraian limbah yang ramah lingkungan diupayakan kondisi yang efektif dan optimum yang saling menguntungkan agar pengaruh interaksi antar mikroba dapat mereduksi polutan dalam air limbah (Bhatia, 2008; Handayanto dan Hairiah, 2007; Mukred, et al., 2008; Cirne, et al., 2006).

Konsorsium mikroba pengurai limbah terdiri dari berbagai kultur campuran (polikultur) mikroba menguntungkan yang menguraikan limbah. Anggota konsorsium ini memiliki peran yang berbeda-beda dan saling menguntungkan. Peran tersebut ditemukan pada mikroba yang dapat hidup secara bersama dalam kultur campuran yang secara fisiologis dapat hidup bersama satu sama lain. Mikroba pengurai dalam proses metabolisme menghasilkan enzim. Enzim yang dihasilkan bakteri berupa enzim hidrolitik ekstraseluler, yakni enzim yang disekresikan keluar sel dan kemudian menguraikan substrat tertentu. Reaksi enzimatik adalah kunci berlangsungnya proses penguraian bertahap dalam pengolahan air limbah dari substrat, umumnya bahan organik dengan susunan molekul kompleks diuraikan menjadi molekul yang lebih sederhana (Alexander, 1994; Coyne, 1999; Dwidjoseputro, 1993; Handayanto dan Hairiah, 2007; Quang, 1998).

Mikroba yang berperan dalam proses biodegradasi limbah adalah bakteri, actinomycetes, dan fungi (Handayanto dan Hairiah, 2007; Suriawiria, 1996; Alexander, 1994; Coyne, 1999). Secara spesifik, actinomycetes menghasilkan zat antimikroba yang berfungsi menekan pertumbuhan patogen. Actinomycetes dapat hidup berdampingan dengan bakteri pengurai. Ragi akan membentuk zat antibakteri seperti hormon dan enzim. Mikroba lain yang sering digunakan dalam bioremediasi limbah adalah bakteri. Keunggulan bakteri dibandingkan mikroba lainnya adalah laju pertumbuhan yang cepat, aktivitasnya tidak tergantung musim, dan tidak menimbulkan masalah penanganan limbah (BPPT, 2000; Coyne, 1999; Fakhrizal, 2004; Handayanto dan Hairiah, 2007; Quang, 1998; Urson, 2000).

Upaya mengatasi pencemaran limbah cair domestik dengan cara bioremediasi sudah dilakukan di beberapa negara Eropa, Amerika, dan Jepang. Pemasaran produk pengurai limbah di negara kita juga sudah cukup banyak dalam bentuk bubuk atau cair. Pengolahan limbah secara mikrobiologi dengan menggunakan konsorsium

mikroba pengurai limbah masih cukup banyak permasalahan. Berdasarkan penelitian pendahuluan yang telah dilakukan, ditemukan banyak inokulum pengurai limbah yang telah beredar di masyarakat tidak efektif dengan beberapa kelemahan, yakni (1) mengandung mikroba patogen, (2) memiliki khasiat yang tidak konsisten, dan (3) tidak spesifik karena digunakan untuk semua keperluan, seperti untuk pupuk, pakan ikan, dan penguraian limbah (Mahtuti, 1999; Waluyo, 1999, 2000a, 2000b, 2001, 2002, 2003, 2004c).

Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan produk pengurai limbah ada yang mengandung mikroba patogen. Produk yang demikian akan berbahaya bila diberikan ke lingkungan untuk penanganan limbah cair domestik. Oleh karena itu, formula mikroba dalam bentuk konsorsium yang akan ditemukan dirancang dan diharapkan memiliki efektifitas tinggi. Efektif dalam arti formula tersebut mampu dan memiliki efek tinggi yang ditandai secara konsistensinya dalam penguraian limbah dan dapat dipertanggungjawabkan penggunaannya. Efektifitas formula juga untuk menghasilkan suatu jenis produk pengurai limbah yang efektif untuk dapat dipakai berbagai jenis limbah cair domestik, misalnya limbah comberan, limbah bekas air mandi, limbah *septic tank* dari berbagai tempat yang berbeda. Hal ini mengingat bahwa terdapat kandungan yang bervariasi pada limbah cair domestik. Variasi itu dapat disebabkan pengaruh musim, jenis buangan, komposisi buangan, lokasi, iklim, kelembaban, dan lainnya. Efektifitas formula juga terkait dengan kemampuan isolat dalam konsorsium untuk toleran terhadap deterjen (Bahar, 1986; Pelczar dan Chan, 1988; Suriawiria, 1996; Laksmi dan Rahayu, 1993; Waluyo, 2002).

Efektifitas formula lainnya, yakni formula konsorsium inokulum yang akan dihasilkan tersebut dapat bertindak sebagai biopestisida hayati. Hal ini karena komposisi konsorsium juga berisi isolat mikroba yang mampu mematikan patogen. Patogen dalam limbah cair domestik, misalnya *Salmonella*, *Vibrio*, dan *Shigella*. Bila dalam limbah cair domestik, mikroba patogen telah dibunuh, diharapkan limbah tersebut menjadi aman bila dibuang ke lingkungan (Entjang, 1997; Feachem, et al., 1983; Kadri, 2003; Mukono, 2008; Suriawiria, 2005; Waluyo, 2009).

Keefektifan lain formula yang akan dihasilkan dapat menguraikan limbah cair domestik menjadi molekul lebih sederhana. Proses transformasi merupakan salah satu proses metabolisme mikroba, dapat terjadi secara aerobik maupun anaerobik.

Transformasi dalam limbah cair domestik terjadi karena reaksi enzimatik yang diproduksi mikroba pengurai secara hidrolisis. Limbah cair domestik yang terurai secara sempurna akan menghasilkan ikutan yang tidak membahayakan lingkungan. Secara fisika dan kimia dapat terlihat dengan jelas adalah menghilangkan bau busuk pada limbah. Bau busuk biasanya ditimbulkan oleh penguraian tidak sempurna bahan organik dalam limbah (Entjang, 1997; Suriawiria, 2005; Wind and Henkel, 2007).

Inovasi diperlukan untuk mengatasi kendala-kendala tersebut di atas, agar menghasilkan formula konsorsium mikroba yang ramah lingkungan. Upaya penanggulangan pencemaran ramah lingkungan artinya setelah konsorsium mikroba diberikan untuk penguraian suatu limbah ke lingkungan tidak menimbulkan akibat tambahan dengan kehadiran zat-zat sisanya (Dwidjoseputro, 1993; Entjang, 1997; Handayanto dan Hairiah, 2007; Liptan IP2PTP, 1997; Machmud, 2008; Zhang and Bennett, 2005; Suriawiria, 2005; Machmud, dkk., 2003; Wind and Henkel, 2007; Yuniarti, dkk., 2003).

Dengan inovasi yang telah disampaikan, maka diharapkan formula konsorsium mikroba pengurai limbah cair domestik akan (a) toleran terhadap deterjen, (b) menjadi produk yang efektif untuk semua limbah cair domestik karena variasi musim, jenis buangan, komposisi buangan, lokasi, iklim, dan kelembaban, (c) berfungsi sebagai biopestisida hayati, (d) tidak menimbulkan dampak negatif ke lingkungan (ramah lingkungan), dan (e) turut membantu program pemerintah dalam penyehatan lingkungan, khususnya daerah padat huni, serta (f) berperan dalam membantu pembangunan lingkungan sehat berkelanjutan.

Sebagai upaya untuk memecahkan masalah yang tepat dan efektif bagi kepentingan masyarakat dalam pengolahan limbah cair domestik secara mikrobiologis, maka perlu dilakukan penelitian tentang: Formulasi Konsorsium Mikroba Pengurai Limbah dalam Upaya Pengolahan Limbah Cair Domestik.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1.2.1 Berapa jumlah isolat bakteri heterotrofik yang dapat diisolasi dan dikarakterisasi dari limbah cair domestik asal Kota Malang?
- 1.2.2 Bagaimana potensi kemampuan toleransi terhadap berbagai deterjen pada isolat bakteri heterotrofik asal limbah cair domestik Kota Malang?

- 1.2.3 Bagaimana potensi kemampuan toleransi terhadap *Linear Alkylbenzene Sulphonate (LAS)* isolat bakteri heterotrofik asal limbah cair domestik Kota Malang?
- 1.2.4 Bagaimana potensi kemampuan isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen antagonistik terhadap patogen (antibiotik)?
- 1.2.5 Bagaimana potensi kemampuan isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen dalam mendegradasi karbohidrat (amilolitik), protein (proteolitik), dan lemak (lipolitik)?
- 1.2.6 Spesies bakteri heterotrofik toleran deterjen apa saja yang memiliki potensi paling unggul dengan parameter amilolitik, proteolitik, lipolitik, dan antibiotik?
- 1.2.7 Bagaimana hubungan antarspesies bakteri heterotrofik toleran deterjen potensial hasil skrining?
- 1.2.8 Formula konsorsium bakteri heterotrofik pengurai limbah cair domestik toleran deterjen manakah yang memiliki efektifitas paling tinggi dalam toleransi deterjen, *LAS*, antagonistik terhadap patogen, dan kemampuan amilolitik, proteolitik, dan lipolitik?
- 1.2.9 Bagaimana efektifitas formula konsorsium bakteri heterotrofik pengurai limbah cair domestik toleran deterjen terbaik dalam mendegradasi senyawa organik, menurunkan *COD*, *TSS*, residu deterjen, dan *BOD* pada limbah cair domestik alami?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1.3.1 Mendapatkan isolat bakteri heterotrofik yang diisolasi dari limbah cair domestik asal Kota Malang.
- 1.3.2 Menemukan isolat bakteri heterotrofik asal limbah cair domestik Kota Malang yang memiliki kemampuan berbeda dalam toleransi terhadap berbagai deterjen.
- 1.3.3 Menemukan isolat bakteri heterotrofik asal limbah cair domestik Kota Malang yang memiliki kemampuan toleransi terhadap *Linear Alkylbenzene Sulphonate (LAS)*.

- 1.3.4 Menguji kemampuan isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen yang berpotensi antibiotik.
- 1.3.5 Menguji kemampuan isolat bakteri heterotrofik toleran deterjen yang berpotensi amilolitik, proteolitik, dan lipolitik.
- 1.3.6 Menemukan dan mengidentifikasi spesies bakteri heterotrofik toleran deterjen yang memiliki potensi paling unggul dengan parameter amilolitik, proteolitik, lipolitik, dan antibiotik.
- 1.3.7 Mengungkap hubungan antarspesies bakteri heterotrofik toleran deterjen potensial hasil skrining.
- 1.3.8 Menemukan formula konsorsium bakteri heterotrofik yang paling efektif dalam toleransi deterjen, *LAS*, antagonistik terhadap patogen, dan mendegradasi senyawa organik.
- 1.3.9 Menemukan formula konsorsium bakteri heterotrofik toleran deterjen yang paling efektif dalam mendegradasi senyawa organik, menurunkan *COD*, *TSS*, residu deterjen, dan *BOD* pada limbah cair domestik.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian ini diharapkan adalah sebagai berikut.

1.4.1 Manfaat Teoritis

Menemukan formula konsorsium mikroba heterotrofik pengurai limbah yang paling efektif dan ramah lingkungan pada penguraian limbah cair domestik dan dapat mematikan mikroba patogen. Penemuan ini dapat mengungkap hubungan antar mikroba penyusun formula konsorsium mikroba pengurai limbah domestik dalam proses pengolahan limbah cair domestik secara mikrobiologis. Manfaat ini diharapkan juga dapat menambah konsep dan teori sintropisme dalam mikrobiologi, khususnya mikrobiologi lingkungan.

1.4.2 Manfaat Praktis

- 1) Mendapatkan formula konsorsium inokulum mikroba heterotrofik pengurai limbah cair domestik yang aman dan ramah lingkungan. Formula ini diharapkan dapat diproduksi dalam skala besar dalam pengolahan limbah cair domestik secara mikrobiologis.

- 2) Mendapatkan bahan ajar yang dapat digunakan mahasiswa yang menempuh matakuliah Mikrobiologi Umum, Mikrobiologi Terapan, Kesehatan Lingkungan, dan Mikrobiologi Lingkungan baik pada kuliah dan praktikum.
- 3) Turut membantu program pemerintah dalam penyehatan lingkungan, khususnya daerah padat huni sehingga penelitian ini sangat berperan dalam membantu pembangunan lingkungan sehat berkelanjutan.