

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Industri gula merupakan salah satu industri pertanian yang menghasilkan air limbah dalam jumlah yang cukup besar. Sebagai bahan baku utama dari perindustrian tebu, tebu yang masuk ke pabrik mengandung sekitar 70 % kadar air (Memon *et al.*, 2006). Menurut Trivedy (1998) bahwa setiap ton dari kapasitas giling tebu menghasilkan sekitar 0,7 m³ air jika gula dan air terpisah secara sempurna. Selain itu, konsumsi air yang digunakan untuk produksi bervariasi dari 1,3 sampai 4,36 m³ per ton tebu yang digiling (Trivedy, 1998). Hal tersebut menjadi peluang timbulnya air limbah yang tidak sedikit pula dari sebuah industri gula. Studi kasus yang dilakukan di PT X dengan kapasitas giling tebu nya mencapai 12.000 TCD menghasilkan air limbah sekitar 6000 m³ per hari.

Air limbah industri gula mengandung bahan pencemaran yang memiliki karakteristik yaitu warna air limbah yang keruh, suhu yang cukup tinggi, pH yang rendah, abu, dan bahan organik. Air limbah industri gula yang mengandung limbah organik terdiri dari material-material non-toksik dan bukan bahan B3 (bahan beracun dan berbahaya), dan yang terutama adalah gula-gula terlarut (sukrosa dan gula reduksi). Limbah cair ini juga berpotensi mengandung partikel-partikel halus yang berasal dari ampas tebu (Tugiyono, 2009). Air limbah yang mengandung zat

organik akan terurai secara biologis dan akan mengikat oksigen. Kondisi tersebut yang menyebabkan air limbah industri gula memiliki *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan kandungan minyak dan lemak yang nilainya belum memenuhi baku mutu air limbah industri gula (Jadhav *et al.*, 2013). Untuk mengatasi kondisi diatas, upaya yang dilakukan untuk menurunkan kadar cemaran air limbah agar dapat memenuhi baku mutu yaitu dengan cara mengolah air limbah industri gula sebelum akhirnya dibuang ke badan sungai.

Salah satu sistem pengendalian pencemaran yang banyak diterapkan adalah menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) (Tugiyono, 2009).

Pengolahan air limbah yang banyak digunakan oleh industri gula adalah sistem konvensional biologis yang menggunakan kolam/*lagoon* bertingkat. Terdapat 12 kolam dalam upaya pengolahan air limbah industri gula PT X yaitu meliputi kolam pemisah minyak, kolam ekualisasi, kolam anaerob, kolam fakultatif (5 tingkat), kolam aerasi (2 tingkat), kolam stabilisasi, dan kolam monitor. Masing-masing kolam memiliki fungsi yang berbeda-beda. Kolam anaerob, kolam fakultatif, kolam aerasi menerapkan metode pengolahan secara kimia dan biologis melalui proses perpindahan oksigen pada proses aerasi dan penambahan biakan bakteri untuk mendegradasi bahan organik.

Proses pengolahan air limbah dapat dilakukan melalui tiga cara yaitu pengolahan secara fisik, kimia, dan biologi (Syafudin dkk, 2012). Saat ini pengolahan limbah lebih banyak dilakukan secara biologis yaitu dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa kompleks yang terkandung

dalam limbah menjadi senyawa yang lebih sederhana melalui suatu proses yang disebut biodegradasi. Proses yang terjadi di dalamnya sangat ditentukan oleh jenis dan laju pertumbuhan mikroorganisme dalam air limbah (Puspitasari dkk., 2005). Salah satu industri yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam pengolahan air limbahnya yaitu industri gula. AGB (*Activated Growth Bacteria*) dan SGB (*Super Growth Bacteria*) merupakan kultur campuran dari berbagai jenis populasi mikroba yang banyak digunakan oleh industri gula dalam mengolah air limbahnya. Pada penerapannya kultur campuran AGB ditambahkan pada kolam anaerob sedangkan SGB ditambahkan pada kolam fakultatif.

Upaya yang dilakukan dengan penambahan kultur bakteri ini diharapkan dapat membantu proses degradasi bahan organik yang terkandung dalam air limbah industri gula. Namun dalam kondisi air limbah dengan karakteristik yang beragam menyebabkan tidak semua mikroorganisme dapat beradaptasi dengan baik (Ristante dan Warmadewanthi, 2011). Hal ini juga yang mendasari bahwa tidak semua mikroba di dalam AGB dan SGB mempunyai aktivitas yang sama dalam mendegradasi semua komponen yang ada di dalam air limbah industri gula. Penambahan kultur secara terus menerus tidak akan efektif karena belum tentu bakteri yang diinokulasikan dapat berkembang biak dengan baik seluruhnya. Bakteri yang teruji adaptif harusnya akan menjadi bakteri yang dominan pada kolam IPAL. Permasalahan lainnya yaitu pada penggunaan bakteri ini perusahaan membutuhkan biaya operasional yang besar.

Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan evaluasi adaptabilitas dari penambahan bakteri AGB dan SGB dalam pengolahan air limbah industri gula

apakah bakteri tersebut berkontribusi dominan dibandingkan bakteri alami. Kemampuan beradaptasi mikroorganisme dapat dilihat dari perubahan struktur komunitas mikroba dengan menggunakan metode quinon. Menurut Hu *et al.* (1999) quinone merupakan salah satu unsur yang terdapat dalam mikroba yang dapat digunakan sebagai (*biomarker*) penanda alami dari populasi bakteri di lingkungan. Metode quinone ini digunakan sebagai metode berdasarkan kuantitatif dan karakteristik komunitas mikroba pada air limbah melalui proses respirasinya. Keragaman quinon yang terdapat dalam air limbah digunakan untuk menilai secara kuantitatif perubahan keragaman mikroba dan struktur komunitas mikroba.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu

1. Mengetahui perubahan struktur komunitas mikroba pada air limbah industri gula di kolam anaerob dan kolam fakultatif dengan metode quinone
2. Mengetahui adaptabilitas bakteri AGB (*Activated Growth Bacteria*) dan Bakteri SGB (*Super Growth Bacteria*) pada pengolahan air limbah industri gula dengan metode quinone

1.3. Kerangka pemikiran

Industri gula akan menghasilkan limbah dari setiap proses pengolahan tebu menjadi gula. Salah satu limbah yang dihasilkan yaitu air limbah. Air limbah yang timbul belum memenuhi baku mutu air limbah industri gula sehingga perlu

dilakukan upaya pengolahan air limbah sebelum akhirnya dibuang ke badan sungai. Sistem pengolahan air limbah yang sering digunakan yaitu Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan sistem konvensional biologis.

Pengolahan air limbah industri gula di PT X secara biologis memanfaatkan bakteri yang ditambahkan pada kolam dengan kondisi anaerobik dan fakultatif. Bakteri AGB ditambahkan pada kolam anaerob sedangkan bakteri SGB ditambahkan pada kolam fakultatif 1. Bakteri tersebut dikembangbiakan pada tangki percobaan sebelum dimasukkan pada masing-masing kolam.

Penambahan bakteri tersebut pada kolam anaerob dan kolam fakultatif diharapkan dapat membantu proses degradasi bahan organik pada air limbah sehingga air limbah tersebut dapat memenuhi baku mutu air limbah. Namun penambahan bakteri ini belum diketahui apakah memiliki pengaruh yang besar dalam degradasi bahan organik dan memiliki nilai efektif dalam segi ekonomi. Hal ini dikarenakan air limbah sendiri telah memiliki bakteri alami dalam kondisi tertentu. Untuk itu perlu diadakan evaluasi penggunaan bakteri AGB dan SGB dalam pengolahan air limbah industri gula.

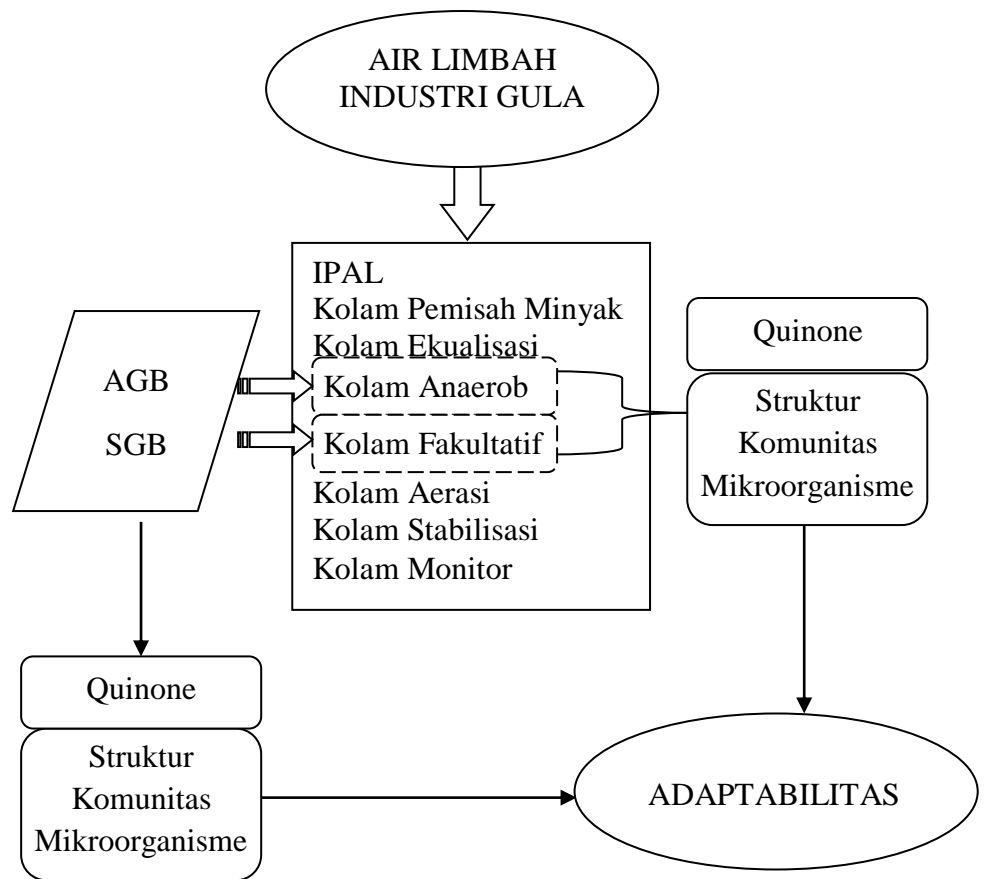
Pada mikroorganisme yang memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi dapat dianggap sebagai bakteri yang dominan dan akan berkembang biak dengan baik pula. Namun belum tentu penggunaan bakteri yang dilakukan secara terus menerus dapat berkembang biak dengan baik seluruhnya. Menurut Hu *et al*, (1999) menyatakan bahwa kemampuan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik tidak hanya tergantung pada total populasi mikroorganisme tetapi juga tergantung pada struktur komunitas mikrobanya. Perubahan lingkungan

secara kimia ini dapat dilihat melalui perubahan struktur komunitas mikroba. Struktur komunitas mikroba merupakan faktor yang sangat penting dalam proses degradasi bahan cemaran pada air limbah industri gula. Oleh karena itu, penggunaan bibit bakteri dalam pengolahan air limbah perlu dievaluasi untuk mengetahui kemampuannya dalam beradaptasi melalui perubahan struktur komunitas mikroba. Selain itu, perubahan struktur komunitas mikroba juga dapat digunakan untuk menjelaskan fungsi mikroorganisme tersebut dalam mendegradasi bahan organik atau pengurangan kadar cemaran pada suatu lingkungan. Salah satu metode berdasarkan kuantitatif dan karakterisasi komunitas mikroba pada air limbah yaitu dengan metode quinon.

Quinone mikroba yaitu salah satu unsur yang terdapat dalam proses respirasi bakteri dan berperan penting sebagai pembawa elektron (Collins dan Jones, 1981; Hu *et al.*, 1999). Fraksi molar pada masing-masing tipe quinon menunjukkan profil quinone. Oleh sebab itu, profil quinone dikenal sebagai metode yang mudah dan tepat untuk analisis populasi mikroba pada kultur campuran (Collins dan Jones, 1981; Hiraishi, 1999; Hu *et al.*, 2001 dalam Hasanudin, 2005). Hal tersebut yang membuat metode analisis menggunakan profil quinone memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode lainnya tanpa membutuhkan isolasi dan kultivasi mikroorganisme.

Perbedaan antara dua quinon profil menunjukkan fraksi molar masing-masing tipe quinon yang dapat dihitung menggunakan *index dissimilarity* (D). Kandungan quinon juga dapat dihitung sebagai derajat biomassa. Oleh karena itu, keduanya tersebut dapat secara bersamaan dihitung menggunakan analisis quinon pada

struktur mikroba (Hu *et al.*, 2001). Karakteristik struktur komunitas mikroba diindikasikan oleh: (a) jenis dan jumlah spesies quinon, (b) spesies quinon dominan dan fraksi molarnya, (c) rasio total fraksi ubiquinone (UQ) dan menaquinone (MK), (d) keberagaman quinon (DQ), (e) *Bioenergetic Divergence* (BDq), (f) total jumlah quinon (Hiraishi, 1999; Hu *et al.*, 2001). Evaluasi perubahan struktur komunitas mikroba pada air limbah industri gula penting dilakukan untuk menentukan bakteri yang dominan. Mikroorganisme yang dominan akan pula memiliki kandungan quinon mikroba yang tinggi serta menunjukkan aktivitas yang tinggi dalam mendegradasi bahan organik pada air limbah industri gula. Adanya quinon mikroba yang tinggi dapat menjelaskan mikroorganisme yang mempunyai kemampuan adaptasi yang tinggi.



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran