

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Domestik

Limbah cair domestik adalah air yang telah dipergunakan dan berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk di dalamnya adalah yang berasal dari kamar mandi, tempat cuci, WC, serta tempat memasak (Sugiharto, 2008). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Rumah Tangga yang dimaksud dengan air limbah rumah tangga adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Pada kota besar misalnya, beban organik (*organic load*) limbah cair domestik dapat mencapai sekitar 70% dari beban organik total limbah cair yang ada di kota tersebut. Limbah cair rumah tangga memiliki karakteristik yaitu TSS 25-183 mg/l, COD 100-700 mg/l, BOD 47-466 mg/l, Total *Coliform* 56 - 8,03x10⁷ CFU/100 ml (Li, 2009).

Limbah domestik terdiri dari karakteristik fisika antara lain parameter kekeruhan dan TSS, karakteristik kimia antara lain adalah parameter DO, BOD, COD, pH dan karakteristik biologi antara lain adalah parameter *Coliform*.

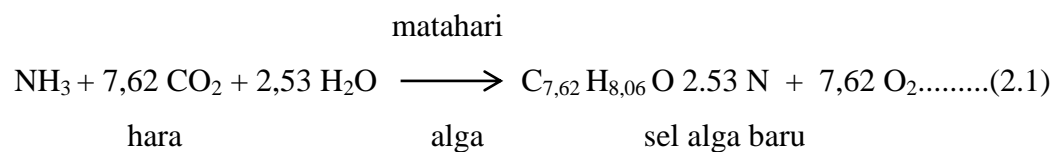
Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Amonia	mg/L	10
Total <i>Coliform</i>	Jumlah/100 ml	3000

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016

2.2 Alga

Penelitian tentang penggunaan alga pada pengolahan air limbah telah diteliti selama lebih dari setengah abad. Mikroalga memiliki peran penting dalam pengolahan limbah domestik dimana mikroalga berperan dalam menurunkan nutrien, logam berat, dan pathogen (Muñoz dan Guieysse, 2006). Mikroalga atau ganggang adalah organisme perairan yang lebih dikenal dengan fitoplankton (alga laut bersel tunggal). Organisme ini dapat melakukan fotosintesis dan hidup dari nutrient anorganik serta menghasilkan zat-zat organik dari CO₂ oleh fotosintesis. Mikroalga mempunyai zat warna hijau daun (pigmen) klorofil yang berperan pada proses fotosintesis dengan bantuan H₂O, CO₂ dan sinar matahari untuk menghasilkan energi. Energi ini digunakan untuk biosintesis sel, pertumbuhan dan pertambahan sel, bergerak atau berpindah dan reproduksi (Pranayogi, D. 2003). Proses fotosintesis alga :



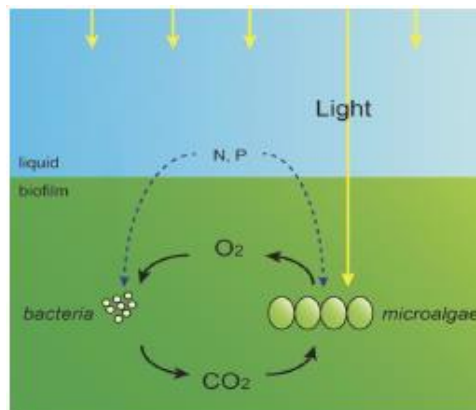
Karena kemampuannya melakukan proses fotosintesis, maka alga digolongkan sebagai organisme *photoautrophic*. Oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis dapat digunakan oleh mikroorganisme pengurai air limbah untuk mengoksidasi bahan organik menjadi sel - sel baru, sedangkan CO₂ yang dihasilkan oleh mikroorganisme pengurai digunakan oleh alga sebagai sumber karbon. Dalam proses fotosintesis tersebut, cahaya memegang peranan yang sangat penting, namun intensitas cahaya yang diperlukan tiap jenis tumbuhan dan alga untuk dapat tumbuh secara maksimum berbeda-beda (Lavens dan Sorgeloos 1996). Nutrien atau unsur hara merupakan parameter penting yang mendukung pertumbuhan mikroalga selain cahaya, CO₂, salinitas, dan suhu (Sen et al. 2005). Pengaruh nutrien dan fotoperiode terhadap mikroalga ditentukan dengan laju pertumbuhan spesifik mikroalga yang diketahui dari pertambahan densitas mikroalga (Kawaroe, 2009).

Laju pertumbuhan alga dipengaruhi oleh dua faktor utama. Faktor pertama adalah sumber nutrisi dan energi, sementara faktor kedua adalah faktor lingkungan seperti pH, suhu dan salinitas. Berdasarkan nilai rerata laju pertumbuhan spesifik, dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan paling baik terjadi pada kondisi pH 9. Hal tersebut sesuai dengan kisaran pH optimum untuk pertumbuhan alga yaitu pH 7 – 9 (Gunawan, 2012).

Alga yang paling banyak ditemukan yaitu jenis *Chlorella sp.* (Abdel-Raouf, 2012). Sel *Chlorella sp.* berbentuk bulat atau bulat telur dan umumnya merupakan alga bersel tunggal (*uniseluler*), meskipun kadang-kadang dijumpai berkelompok. Diameter selnya berkisar antara 2-10 μm , berwarna hijau, dan dinding selnya keras yang terdiri dari selulosa dan pektin, serta mempunyai protoplasma yang berbentuk cawan. *Chlorella sp.* dapat bergerak tetapi sangat lambat sehingga pada pengamatan seakan-akan tidak bergerak (Bellinger dan David, 2010).

2.3 Simbiosis Alga-Bakteri

Mikroalga dan bakteri memiliki peran penting dalam pengolahan air limbah dengan HRAP, oleh karena itu pertumbuhan mikroorganisme tersebut merupakan fokus utama untuk menjaga performa HRAP. Pertumbuhan mikroorganisme dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti sumber nutrisi, sumber karbon, dan faktor lingkungan (oksigen terlarut, suhu, pH, dan salinitas). Kinetika pertumbuhan mikroorganisme mempengaruhi oksidasi bahan organik dan produksi biomassa (Metcalf dan Eddy, 2004). Dalam hubungan mikroorganisme dengan oksidasi bahan organik, semakin besar konsentrasi bahan organik, maka semakin cepat laju pertumbuhan bakteri. Pertumbuhan bakteri akan mendorong pertumbuhan mikroalga pada kultur campuran karena bakteri akan menghasilkan karbon dioksida (CO_2) yang merupakan sumber karbon mikroalga. Simbiosis mutualisme antara mikroalga dan bakteri muncul pada pengolahan dengan HRAP.



Gambar 2.1 Simbiosis Alga-Bakteri dalam Air (Nadine, 2007)

Pada penerapannya, dalam sistem HRAR ditambahkan substrat untuk meningkatkan jumlah biomassa. Jenis substrat yang ditambahkan dapat berupa karbon organik seperti glukosa (Perez et al., 2011). Berdasarkan hubungan simbiosis yang terjadi antara alga dengan bakteri, semakin banyak jumlah bakteri maka akan semakin banyak CO₂ yang dihasilkan dan kemudian digunakan oleh alga untuk berfotosintesis. Sehingga dengan meningkatnya jumlah bakteri akan dapat juga meningkatkan jumlah produksi alga (Putri dkk, 2014).

2.4 Penambahan CO₂ pada Alga Reaktor

Karbon dioksida (CO₂) merupakan faktor yang penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan metabolisme mikroalga (Hoshida dkk, 2005). Mikroalga dapat menyerap CO₂ pada kisaran pH dan konsentrasi gas CO₂ yang berbeda. Efisiensi dari penyerapan CO₂ oleh mikroalga tergantung dari pH kultivasi dan dipengaruhi oleh perbedaan konsentrasi gas CO₂ (Olaizola dkk, 2004). Nilai pH untuk media budidaya menggunakan CO₂ adalah antara 7.5 dan 9, yang menguntungkan pertumbuhan mikroalga (Kassim, 2017). Maka dengan diaturnya pH 7-9 dengan penambahan CO₂ proses penyisihan COD, total N, total P dan *E. coli* menjadi 84%, 79%, 57% dan 93%. Kenaikan biomassa dari konteks C, N dan P adalah 64,8%, 12,6 %, dan 2,4% (Posada et al., 2015).

2.5 *Seeding* dan Aklimatisasi

Seeding dilakukan untuk menumbuhkan alga. Dalam proses *seeding* alga biakan laboratorium diberi pupuk NPK sebagai sumber nutrisinya dan gula sebagai sumber karbon. Parameter dari hasil *seeding* berupa parameter fisik, yaitu warna hijau alga dan parameter kimia, yaitu rasio C:N:P dan klorofil-a. Kondisi C:N:P ideal pada alga adalah sebesar 100:16:1 (Darwinastwantya, 2014). Setelah proses *seeding* dilakukan proses selanjutnya yaitu aklimatisasi. Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian alga dengan kondisi aslinya. Aklimatisasi dilakukan selama lebih dari satu minggu. Pada awal *seeding* warna sampel berwarna hijau tipis sehingga konsentrasi alganya pun kecil. Lama – kelamaan warna sampel berubah menjadi hijau pekat dengan dilakukannya penambahan substrat dan nutrien. Hal ini menandakan bahwa alga sudah tumbuh dengan cepat sehingga siap untuk melakukan running reaktor (Oktafiani dan Hemana, 2013).

2.6 Studi Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mengenai pengolahan limbah menggunakan alga dan penambahan suplai gas CO₂ dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Nama, Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Malla, dkk, 2015	Phycoremediation Potential Of <i>Chlorella minutissima</i> On Primary And Tertiary Treated Wastewater For Nutrient Removal And Biodiesel Production	Pengolahan limbah perkotaan menggunakan alga jenis <i>Chlorella minutissima</i> dapat menurunkan kadar BOD dan COD sebesar 31% dan 27%

No	Nama, Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
2.	Usha, dkk, 2016	Removal Of Nutrients And Organic Pollution Load From Pulp And Paper Mill Effluen By Microalgae In Outdoor Open Pond	Mikroalga dapat menurunkan kadar BOD dan COD sebesar 82% dan 75%
3.	Ardhiani, 2017	Oxidation Ditch Alga Reactor Dalam Pengolahan Zat Organik Limbah Grey Water	Kemampuan ODAR dalam menurunkan BOD dan COD adalah sebesar 50% dan 25,52%
4.	Budiyantoro, 2017	Pengaruh Penambahan CO ₂ Pada Kinerja Pengolahan Limbah Cair Berbasis Alga	Penurunan amonia dengan penambahan CO ₂ laju 0,2 L/menit pada reaktor alga-bakteri menghasilkan efisiensi removal sebesar 75 %

Berdasarkan beberapa studi penelitian terdahulu menunjukkan bahwa dengan menggunakan alga pada pengolahan air limbah domestik mampu menyisihkan kadar BOD dan COD cukup baik. Adapun penambahan suplai gas CO₂ pada sistem pengolahan limbah berbasis alga dapat mengoptimalkan efisiensi removal polutan.