

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah 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).

Bila air digunakan untuk aktivitas rumah tangga, biaya untuk berbagai senyawa anorganik dan organik dan menjadi air limbah domestik. Pembuangan air limbah di alam, tanpa perawatan, menyebabkan efek negatif pada faktor lingkungan dan kesehatan manusia. Pengolahan air limbah domestik dapat direalisasikan dengan menggunakan proses mekanis, biologi dan kimia yang merupakan bagian dari tiga metode umum pengolahan air limbah: primer, sekunder dan tersier (Narcis, 2011).

Karakteristik limbah cair domestik antara lain tingginya bahan organik (karbohidrat, protein, dan lemak), deterjen, dan partikel bahan anorganik. Komposisi limbah domestik adalah : lemak (33%), protein (25%), selulosa (8%), pati (8%), lignin (6%), abu (20%) dengan nilai BOD berkisar antara 275 – 3000 ppm. Besarnya kandungan bahan organik ini dapat diketahui dengan mengukur jumlah oksigen, baik yang dipakai oleh bakteri maupun proses kimiawi untuk mengoksidasi zat tersebut menjadi senyawa yang lebih sederhana. Tingginya kandungan bahan organik dalam air limbah domestik digambarkan dengan nilai BOD₅ atau kebutuhan oksigen biologis (*Biochemical Oxygen Demand*) maupun COD atau kebutuhan oksigen kimiawi (*Chemical Oxygen Demand*) (Alaerts dan Santika, 1987).

Masuknya air limbah domestik ke dalam lingkungan perairan akan mengakibatkan perubahan-perubahan besar dalam sifat fisika, kimia, dan biologis perairan tersebut seperti suhu, kekeruhan, konsentrasi oksigen terlarut, zat hara,

dan produksi dari bahan beracun. Tingkat dan luas pengaruh yang ditimbulkan terhadap organisme perairan tersebut sangat tergantung dari jenis dan jumlah bahan pencemar yang masuk ke perairan. Berubahnya keseimbangan antara faktor fisika-kimia dan biologis dalam suatu lingkungan akibat adanya senyawa pencemar dapat memengaruhi organisme dalam lingkungan tersebut. Hal ini disebabkan oleh adanya interaksi dua prinsip ekologi, yaitu prinsip toleransi dan kompetisi (Santoso, 2014).

Perbedaan batas toleransi antara dua jenis populasi terhadap faktor-faktor lingkungan akan memengaruhi kemampuan berkompetisi. Jika suatu lingkungan mendapatkan pasokan limbah domestik yang kaya zat organik, maka akan memungkinkan bakteri tumbuh subur dan menghabiskan oksigen terlarut yang terkandung di dalamnya. Apabila persediaan oksigen tidak seimbang dengan yang diperlukannya, maka lingkungan akan berubah menjadi anaerobik. Kondisi tersebut dapat menyebabkan spesies organisme yang tidak toleran terhadap kekurangan oksigen akan menurun populasinya dan sebaliknya spesies yang toleran terhadap kondisi kekurangan oksigen akan meningkat populasinya karena spesies kompetitornya berkurang (Sastrawijaya, 1991).

2.2. Alga

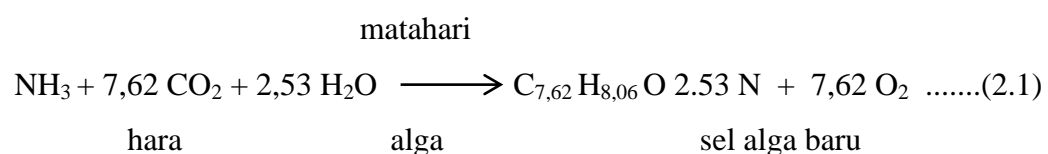
Alga merupakan organisme yang signifikan dalam purifikasi biologis air limbah dikarenakan kemampuannya dalam mengakumulasi nutrisi, logam berat, pestisida, bahan-bahan organik dan anorganik toksik, bahkan bahan radioaktif di dalam tubuhnya (Kalesh dan Nair, 2005). Sistem pengolahan air limbah berbasis alga ini memiliki keuntungan antara lain lebih rendah biaya, lebih rendah energi, menghasilkan lumpur yang lebih sedikit, dapat mereduksi (Park *et al.*, 2011).

Alga yang meliputi mikroalga, makroalga (rumput laut) dan *cyanobacteria* (ganggang hijau biru) dikenal memiliki potensi sebagai produsen bahan-bahan bermanfaat (*valuable chemicals*) seperti polisakarida, hormon, vitamin, mineral dan senyawa bioaktif. Jumlah dan variasi senyawa bioaktif alga sangat banyak dan beragam (Singh dkk., 2005). Salah satu senyawa bioaktif penting yang dihasilkan alga adalah pigmen. Secara umum pigmen alga terdiri dari klorofil,

karotenoid dan fikobiliprotein (*phycobiliproteins*). Eksplorasi dan kajian terhadap fikobiliprotein relatif masih sedikit bila dibandingkan dengan klorofil dan karotenoid. Selain itu fikobiliprotein juga berperan sebagai antioksidan dan pewarna alami yang besar potensi aplikasinya dalam bidang pangan. Bahkan akhir-akhir ini fikobiliprotein juga menunjukkan potensinya sebagai fotosensitizer (*photosensitizer*) yang prospektif penerapannya untuk kepentingan terapi seperti *photodynamic therapy* dalam pengobatan kanker (Karseno dkk, 2013).

Alga tumbuh dan berkembang dari hasil fotosintesis. Proses tersebut mengisyaratkan bahwa kehidupan dan pertumbuhan alga di alam sangat tergantung pada kandungan nutrient dan CO₂ dalam air serta energi matahari. Nutrien adalah elemen kimia penting yang dibutuhkan alga untuk tumbuh dan berkembang. Pertumbuhan alga di perairan sangat dipengaruhi nitrogen dan fosfor. Fosfor dan nitrogen adalah kecil kuantitasnya hingga di perairan umum kedua unsur ini sering dianggap sebagai faktor pembatas bagi pertumbuhan alga. Lebih spesifik telah diketahui pula bahwa fosfor adalah unsur hara yang sering menjadi pembatas pertumbuhan alga di perairan tawar, sedangkan nitrogen sering menjadi pembatas pertumbuhan alga di perairan pesisir dan lautan (Komarawidjaja dkk, 2011).

Proses Fotosintesis Alga :



Berikut adalah fase pertumbuhan alga, antara lain :

1. *Fase Lag/Induction Phase*

Fase ini disebut juga fase istirahat. Pada fase ini, sel diatom beradaptasi dengan medium dan lingkungan kulturnya (suhu, salinitas, pH). Alga sudah bermetabolisme sehingga ukuran selnya meningkat. Namun alga

belum menunjukkan pertumbuhan populasi (kenaikan jumlah sel) yang nyata, karena masih dalam proses adaptasi. Dalam adaptasi ini, alga sudah mulai memanfaatkan nutrisi yang ada, meskipun belum optimum, sehingga beberapa enzim yang terkait pembelahan selnya juga belum tersintesis dengan optimal. Lama tidaknya *fase lag* ini sangat tergantung pada viabilitas sel diatom. Bila sel inokulum adalah sel yang masih muda (artinya diambil dari kultur yang dalam keadaan fase eksponensial, bukan fase stasioner atau kematian), berarti sel ini masih viabel untuk membelah. Sel-sel yang viabel akan lebih cepat beradaptasi, sehingga fase lag ini menjadi lebih singkat. Sebaliknya, sel-sel tua akan melalui fase ini lebih lama..

2. *Fase Eksponensial/Logarithmic Phase*

Pada fase ini, jumlah sel mengalami peningkatan secara cepat. Puncak pertumbuhan populasi alga terjadi pada fase ini. Fase ini adalah bukti sel telah berhasil beradaptasi dan optimal dalam pemanfaatan nutrisinya.

3. *Fase Stasioner/Stationary Phase*

Pada fase ini, pertumbuhan populasi alga cenderung stasioner, artinya pembelahan sel dan kematian sel seimbang. Fase ini berlangsung sangat singkat, sehingga kecenderungan yang ada adalah penurunan pertumbuhan populasi. Penurunan pertumbuhan populasi ini karena alga sudah mulai mengalami kematian.

4. *Fase Kematian/Death Phase*

Pada fase ini, penurunan jumlah sel besar daripada pada fase stasioner. Penurunan jumlah sel ini karena seluruh sel secara alami mengalami kematian. Salah satu faktor yang mempercepat kematian ini adalah berkurangnya jumlah nutrisi dan semakin banyaknya metabolit sekunder alga yang dapat menghambat pertumbuhan sel secara alami (Armanda, 2013).

2.3. Pengaruh CO₂ Terhadap Alga

Proses penyerapan CO₂ oleh mikroalga terjadi pada saat fotosintesis, dimana CO₂ digunakan untuk reproduksi sel-sel tubuhnya. Pada proses fotosintesis tersebut selain memfiksasi gas CO₂, juga memanfaatkan nutrien yang ada dalam badan air. Nutrien dalam proses ini dapat berasal dari material yang sengaja ditambahkan atau dapat juga berasal dari material limbah cair (Susanto dkk, 2011). Pertumbuhan alga sangat dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi gas karbondioksida (CO₂) sebagai sumber karbon untuk fotosintesis. Namun demikian, konsentrasi gas yang berlebihan dapat menjadi penghambat (*inhibitor*) bagi pertumbuhan alga tersebut (Hadiyanto dan Widayat, 2014).

Penggunaan karbondioksida pada kultivasi mikroalga memiliki beberapa keuntungan, seperti mikroalga tumbuh di air, lebih mudah diamati pertumbuhannya daripada tumbuhan tingkat tinggi, mikroalga dapat tumbuh sangat cepat dan mikroalga tidak membutuhkan tempat atau lahan yang sangat luas untuk tumbuh (Benneman, 1997).

2.4. *Seeding* dan *Aklimatisasi*

Proses *seeding* dilakukan secara alami dengan memberikan bibit organisme dari limbah buatan, dengan penambahan nutrien kedalam reaktor. *Aklimatisasi* dilakukan dengan cara mengganti secara bertahap air limbah penampungan hasil *seeding* dengan limbah air domestik asli. Penggantian dilakukan dimulai dengan perbandingan 10% air dengan limbah 90% dalam bak penampungan. Penggantian dilakukan secara bertahap sampai penggantian 100%. Proses *aklimatisasi* diberhentikan pada saat efisiensi penyisihan COD telah stabil dan limbah yang tergantikan telah 100% air limbah domestik. Setelah proses *aklimatisasi* telah selesai yang diindikasikan dengan pergantian limbah penampungan dengan limbah air domestik telah mencapai 100% dan efisiensi penyisihan COD pada saat *aklimatisasi* relatif stabil, maka pengoperasian secara kontinyu dapat dilakukan (Amri dan Wesen, 2012).

2.5. Studi Terdahulu

Adanya studi terdahulu ini menandakan bahwa alga dapat dimanfaatkan untuk mengolah air limbah domestik dalam menurunkan parameter amonia. Sebagian dari penelitian tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1. Studi Terdahulu

No	Nama dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	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 %
2.	Hibban dkk, 2016	Studi Penurunan Konsentrasi Amonia Dalam Limbah Cair Domestik Dengan Teknologi Biofilter Aerobmedia Tubular Plastik Pada Awal Pengolahan	Penurunan amonium pada reaktor biofilter dapat mencapai 68,44% sedangkan pada reaktor kontrol efisiensi penurunan amonium hanya dapat mencapai 30,25%.
3.	Sayekti dkk, 2016	Studi Efektifitas Penurunan Kadar BOD, COD Dan NH ₃ Pada Limbah Cair Rumah Sakit Dengan Rotating Biological Contactor	RBC (<i>Rotating Biological Contactor</i>) disk terendam 70% dengan kecepatan putaran 2 rpm dengan prosentase untuk NH ₃ , 66,108%