

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengaruh *Scenedesmus* sp. Sebagai Bioremediator Limbah Cair Tapioka

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa ada pengaruh mikroalga *Scenedesmus* sp. sebagai bioremediator limbah cair tapioka. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.1

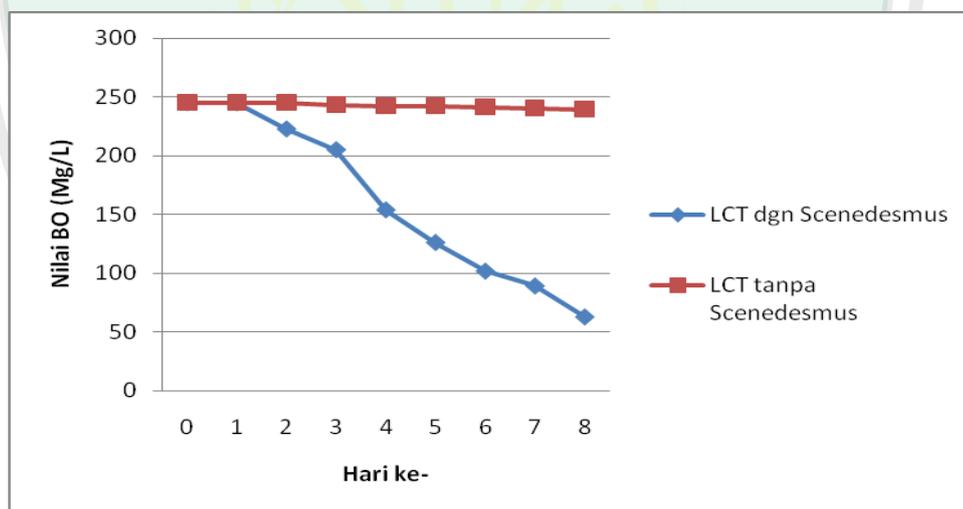
Tabel 4.1 Hasil Uji Kualitas Air Limbah Tapioka Sebelum dan Sesudah Kultivasi Pada hari ke-8

Parameter	Satuan	LCT dengan aplikasi <i>Scenedesmus</i> sp.		LCT tanpa <i>Scenedesmus</i> sp.		Standar Baku Mutu
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	
BOD	mg/L	245.094	62.981	245.094	239.543	200
COD	mg/L	499.223	137.6	499.223	436.345	400
N-NH <sub>4</sub>	mg/L	34.8366	2.819	34.8366	30.894	4
N-NO <sub>3</sub>	mg/L	269.935	26.429	269.935	197.257	30
N-NO <sub>2</sub>	mg/L	85.7738	4.1322	85.7738	26.103	5
pH		4	8	4	5	6-9

Berdasarkan dari tabel 4.1 diketahui bahwa nilai BOD, COD, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, dan NO<sub>3</sub> tanpa dan dengan aplikasi *Scenedesmus* sp. mengalami penurunan, akan tetapi penurunan pada limbah cair tanpa aplikasi *Scenedesmus* sp tidak begitu signifikan. Pada limbah cair tapioka tanpa aplikasi *Scenedesmus* sp secara berturut turut nilainya yaitu 239.543 mg/L, 436.345 mg/L, 30.894 mg/L, 197.257 mg/L, dan 26.103 mg/L, nilai ini tidak sesuai dengan baku mutu limbah cair tapioka. Sedangkan pada limbah

cair tapioka dengan aplikasi *Scenedesmus* sp mengalami penurunan yang cukup drastis, yaitu BOD 62.981 mg/L, COD 137.6 mg/L,  $\text{NH}_4$  3.819 mg/L,  $\text{NO}_3$  26.429 mg/L, dan  $\text{NO}_2$  4.1322 Mg/L. Nilai ini sesuai dengan ambang batas atau baku mutu limbah cair tapioka menurut SK Kementerian Lingkungan Hidup NO 51 Tahun 1995.

Data hasil uji kualitas air diatas menunjukkan bahwa nilai BOD limbah cair tapioka tanpa dan dengan pemberian *Scenedesmus* sp. berbeda. Nilai BOD sebelum kultivasi pada kedua perlakuan yaitu 245.094 mg/L, sedangkan setelah kultivasi nilai BOD limbah cair tapioka tanpa pemberian *Scenedesmus* sp tercatat 239.543 mg/L dan dengan pemberian *Scenedesmus* sp 62.981 mg/L. Gambaran penurunan BOD pada limbah cair tapioka dengan dan tanpa aplikasi tampak pada fluktuasi hariannya (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Nilai BOD LCT yang diaplikasi dengan dan tanpa *Scenedesmus* sp

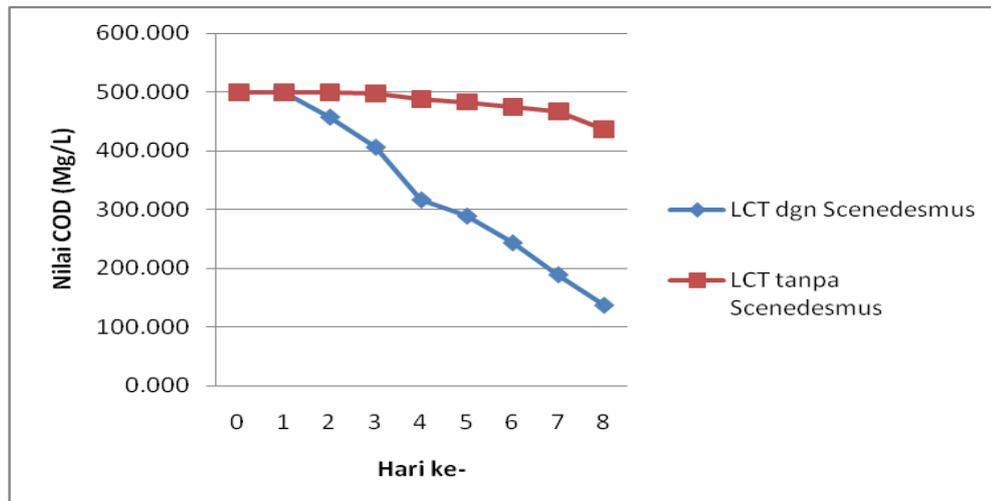
Berdasarkan gambar 4.1 diketahui bahwa BOD limbah cair tapioka yang diaplikasi dengan *Scenedesmus* sp mengalami penurunan cukup besar dibandingkan dengan tanpa aplikasi *Scenedesmus* sp. Pada limbah cair tapioka

sebelum kultivasi BOD tergolong tinggi dan tidak sesuai dengan baku mutu limbah cair yang sudah ditetapkan. Hal tersebut disebabkan karena limbah cair tapioka mengandung bahan-bahan organik yang menyebabkan nilai BODnya tinggi.

Menurut Odum (1971) bahan organik yang terdapat di perairan sebenarnya menguntungkan bagi tumbuhan air, karena merupakan sumber pangan bagi tumbuhan-tumbuhan ini. Akan tetapi, dalam kadar yang tinggi justru berbahaya bagi lingkungan perairan. Bahan organik ini akan mengalami perombakan oleh bakteri. Bila persediaan oksigen di perairan cukup, maka akan terjadi dekomposisi aerobik yang pada umumnya tidak menghasilkan zat-zat yang bersifat toksik terhadap organisme air. Sebaliknya, jika ketersediaan tidak mencukupi, maka akan terjadi perombakan anaerobik yang menghasilkan hydrogen sulfida dan ammonia yang keduanya bersifat toksik bagi mikroorganisme air.

Nilai BOD mengalami penurunan dari hari ke-1 sampai hari ke-8. Hal tersebut diduga disebabkan oleh berkurangnya mikroba akibat tingginya aktivitas mikroalga *Scenedesmus* sp. yang memanfaatkan bahan anorganik untuk proses fotosintesis yang kemudian akan menghasilkan oksigen terlarut menjadi tinggi

Penurunan parameter untuk kualitas air limbah tidak hanya terjadi pada parameter BOD saja, akan tetapi juga pada COD sesudah perlakuan mengalami perubahan. Hal ini juga dapat dilihat dari fluktuasi harian. (gambar 4.2)



Gambar 4. 2. Nilai COD LCT yang diaplikasi dengan dan tanpa *Scenedesmus* sp

Proses penurunan nilai COD air diduga karena adanya proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme. Proses ini berlangsung karena adanya nutrisi dalam air dan terlarut dari hasil fotosintesis *Scenedesmus* sp dalam hal ini menghasilkan  $O_2$  yang akan menyebabkan nilai COD limbah cair pabrik tapioka pada perlakuan menurun.

Nilai BOD dan COD pada limbah cair tapioka tanpa aplikasi *Scenedesmus* sp juga mengalami penurunan. Akan tetapi penurunannya tidak sebesar penurunan pada limbah cair tapioka dengan aplikasi *Scenedesmus* sp. Penurunan nilai BOD dan COD diduga karena terjadinya penguraian organik oleh mikroba yang menguraikan zat organik golongan karbon yang terdapat dalam air secara aerobik.

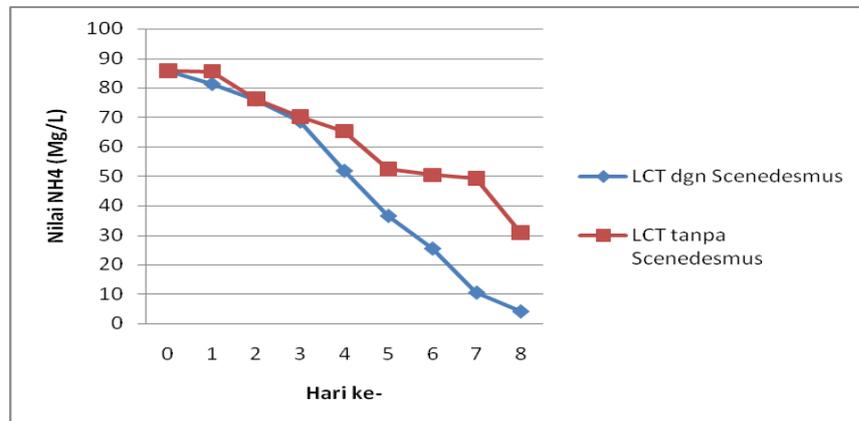
Menurut Darmono (2011) penyebab utama berkurangnya kadar oksigen dalam air ialah limbah organik yang terbuang dalam air. Limbah organik akan mengalami degradasi dan dekomposisi oleh bakteri aerob (menggunakan oksigen

dalam air), sehingga lama kelamaan oksigen yang terlarut dalam air akan sangat berkurang.

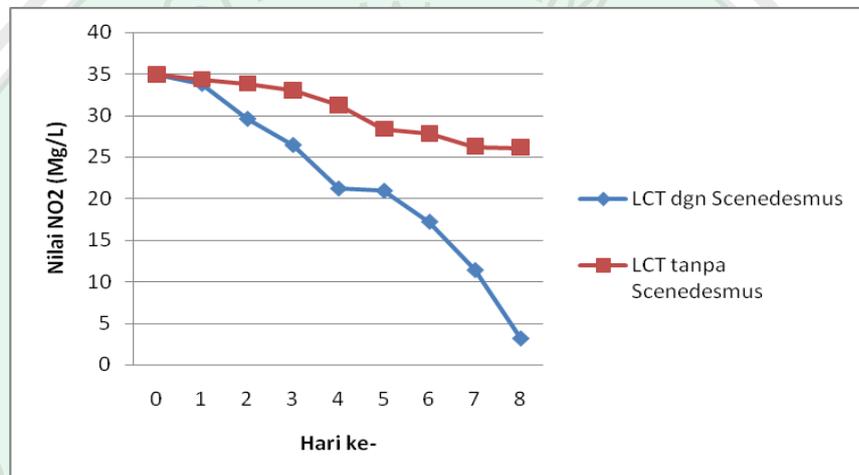
Menurut Rika (1999) limbah cair industri tapioka mempunyai karakteristik nilai BOD dan COD tinggi. Tingginya bahan organik dan padatan tersuspensi menyebabkan air kekurangan oksigen akibat terhambatnya penetrasi sinar matahari sehingga mengganggu aktifitas fotosintesis biota air dan mengganggu ekosistem perairan.

Beberapa peneliti melaporkan bahwa mikroalga mempunyai kemampuan yang baik dalam menyerap limbah baik limbah organik maupun limbah anorganik. Sumiarsa *et al* (2011) melaporkan bahwa mikroalga *Spirulina* sp yang dikultivasi pada limbah peternakan sapi mampu menurunkan nilai BOD sampai dengan 93,0% dan COD 92.5%. Sedangkan, Pratiwi (1998) melaporkan bahwa mikroalga *Chlorella* yang ditambahkan pada pabrik susu mampu menurunkan nilai BOD dimana pada hari pertama 324,6 ppm menjadi 20,48 ppm.

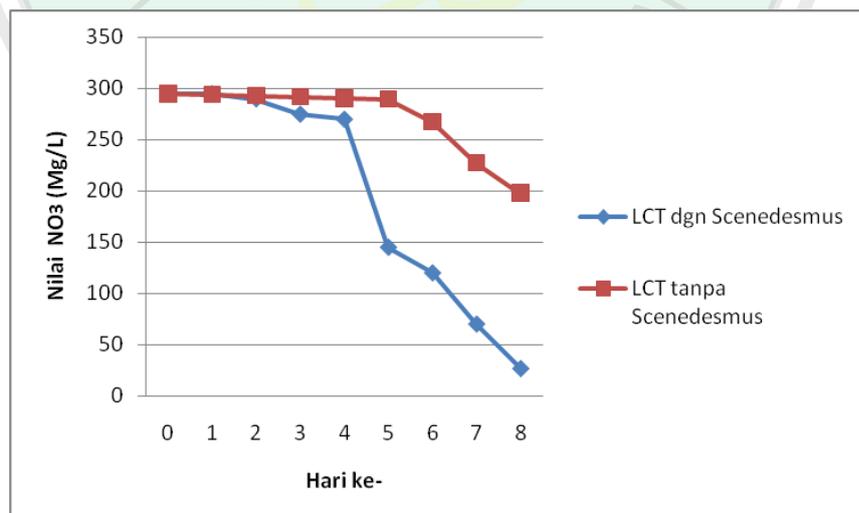
Dalam limbah cair tapioka terdapat senyawa nitrogen berupa  $N-NH_4$ ,  $N-NO_2$ , dan  $N-NO_3$ , yang merupakan hasil perombakan bahan organik yang mengandung nitrogen terutama protein. Nitrogen ini merupakan elemen terpenting dalam pencemaran perairan. Berdasarkan tabel 4.1 terjadi penurunan setelah kultivasi. Nilai  $N-NH_4$ ,  $N-NO_2$ , dan  $N-NO_3$  sebelum kultivasi berturut-turut yaitu 85.7738 mg/L, 34.8366, dan mg/L 269.935 mg/L. Sedangkan setelah kultivasi tercatat nilai  $N-NH_4$  4.1322 mg/L, nilai  $N-NO_2$  kultivasi 3.8193 mg/L, dan nilai  $N-NO_3$  26.4292 mg/L. Penurunan kandungan nitrogen setiap harinya disajikan pada gambar 4.3.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.3. Nilai perubahan  $\text{NH}_4$  (a),  $\text{NO}_2$  (b), dan  $\text{NO}_3$  (c) harian dari LCT yang diaplikasi dan tanpa aplikasi *Scenedesmus* sp

Nilai ammonia pada medium limbah cair tapioka sebelum kultivasi tergolong tinggi jika dibandingkan dengan standar baku mutu menurut SK Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 50 Tahun 1995. Hal ini karena kondisi pH pada medium asam, sehingga menyebabkan proses ionisasi ammonia berjalan dengan baik yang menyebabkan ammonium dalam medium tersebut berlimpah. Akan tetapi, setelah kultivasi mikroalga *Scenedesmus* sp nilai ammonia turun yaitu 4.3122 Mg/L. Penurunan nilai ammonia ini karena dimanfaatkan oleh mikroalga *Scenedesmus* sp. untuk pertumbuhan pada saat kultivasi. Vontolina (2005) melaporkan bahwa mikroalga *Scenedesmus* sp dapat menurunkan nilai ammonia pada limbah cair pertanian, yaitu antara 14,5% sampai dengan 23% dalam waktu 24 jam.

Menurut Oh-Hama dan Miyachi (1988), bentuk senyawa nitrogen yang lebih disukai oleh mikroalga adalah ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), karena proses transportasi dan asimilasi ion ammonium oleh sel fitoplankton membutuhkan energi yang lebih sedikit dibandingkan dengan transportasi dan asimilasi ion nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ).

Penurunan konsentrasi  $\text{NO}_3^-$  dari 269.935 Mg/L menjadi 26.429 Mg/L diduga oleh pertumbuhan populasi *Scenedesmus* sp yang meningkat. Nitrat digunakan *Scenedesmus* sp sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhannya. Nitrat ini kemudian dikonversi menjadi protein. Proses konversi ini ditunjukkan dalam persamaan di bawah ini. Menurut Effendi (2003) nitrat merupakan sumber nitrogen bagi tumbuhan selanjutnya dikonversi menjadi protein. Adapun persamaan reaksi sebagai berikut:



Menurut penelitian Sumiarsa (2011) mikroalga *Spirulina* sp mampu menurunkan nilai  $\text{NO}_3$  pada limbah peternakan sapi sampai dengan 54,79%. Peneliti lain, An *et al* (2003) menyatakan bahwa mikroalga *Brotryococcus braunii* dapat tumbuh baik menyerap limbah  $\text{NO}_3$  sekitar 80%.

Penurunan nilai  $\text{NO}_2$  diduga karena digunakan mikroalga *Scenedesmus* sp sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhannya.  $\text{NO}_2$  tidak bisa diserap langsung oleh sel mikroalga sehingga harus diubah menjadi  $\text{NO}_3$  melalui proses nitrifikasi. Menurut Effendi (2003) Nitrit merupakan bentuk peralihan antara ammonia dan nitri (nitrifikasi), dan antara nitrat dan gas nitrogen.

Manfaat dari penggunaan air limbah adalah sebagai sumber nitrogen dan fosfor untuk mikroalga, sehingga mengurangi masukan dari bahan kimia berbahaya ke dalam lingkungan. Mikroalga membutuhkan masukan nutrient dan gas karbondioksida yang cukup sehingga bisa memaksimalkan produksi biomassa pertumbuhannya. Jika nutrien yang tersedia di perairan atau media tidak mencukupi, maka pertumbuhan dari mikroalga sendiri tidak akan mencapai nilai yang maksimal (Kawaroe, 2010).

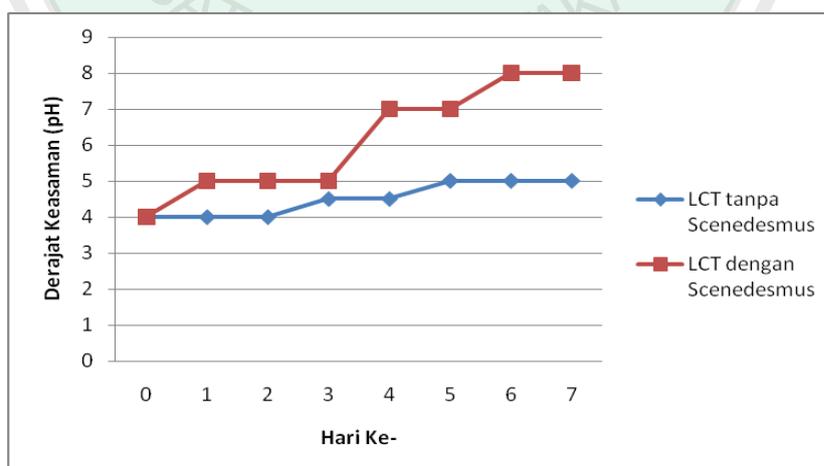
Menurut Mulyadi (1999) bahwa media air limbah dapat diolah secara biologis oleh mikroalga sekaligus memberikan masukan nutrien untuk pertumbuhannya. Mikroalga bisa memanfaatkan senyawa organik dalam limbah tersebut melalui proses fotosintesis menjadi senyawa organik dengan bantuan klorofil dan energi cahaya.

Mikroalga lebih suka ammonia sebagai sumber nitrogen. Penghambatan dari pengambilan nitrat dapat dihubungkan dengan sistem enzim inaktif oleh ammonia atau produk yang dihasilkan oleh asimilasi ammonia. Ammonia tidak

memiliki enzim reduktase untuk asimilasi tetapi nitrat dapat mereduksi amonia sebelum dapat diasimilasi oleh mikroalga. Reduksi nitrat menjadi ammonia melalui dua tahap enzimatik yang sifatnya bebas. Pertama nitrat menjadi nitrit dikatalisis oleh NADH<sub>2</sub>-nitrat reduktase dan yang kedua reduksi dari nitrat menjadi ammonia dikatalisis oleh ferredoxin-nitrat reduktase (Munafi, 2011).

Pada limbah cair tapioka tanpa aplikasi *Scenedesmus* sp nilai NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, dan NO<sub>3</sub> juga mengalami penurunan. Akan tetapi penurunnya tidak sebesar penurunan pada limbah cair tapioka dengan aplikasi *Scenedesmus* sp. Penurunan nilai ini diduga karena adanya penguraian senyawa organik oleh mikroba yang menguraikan senyawa organik golongan karbon yang terdapat dalam air limbah tapioka secara aerobik.

Pada penelitian ini juga ini dihitung nilai pH pada hari pertama sampai terakhir. Seperti halnya pada parameter BOD, COD, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, dan NO<sub>3</sub>, nilai pH juga mengalami perubahan setiap harinya. Selama penelitian berlangsung, pH yang tercatat pada medium limbah cair disajikan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Nilai pH limbah cair tapioka tanpa dan dengan aplikasi *Scenedesmus* sp.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa medium kultivasi *Scenedesmus* sp setiap harinya mengalami perubahan secara bertahap. Pada awal kultivasi media limbah cair tapioka memiliki nilai pH 4 (asam) karena pada kondisi ini belum terjadi aktifitas mikroalga *Scenedesmus* sp sehingga pH belum mengalami peningkatan. Nilai pH mengalami peningkatan pada hari ke-6 sampai ke-8 yaitu 7-8 yang cenderung bersifat basa. Nilai pH mengalami peningkatan diduga karena adanya aktivitas fotosintesis *Scenedesmus* sp. Pada saat fotosintesis, CO<sub>2</sub> bebas merupakan jenis karbon anorganik utama yang digunakan mikroalga. Mikroalga juga dapat menggunakan ion karbonat (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) dan ion bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Penyerapan bebas dan bikarbonat oleh mikroalga menyebabkan penurunan konsentrasi CO<sub>2</sub> terlarut dan mengakibatkan peningkatan nilai pH.

Peningkatan nilai pH juga dapat disebabkan terjadinya penguraian protein dan persenyawaan nitrogen lain. Menurut Prihantini (2005) Amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), dan nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) merupakan bentuk senyawa nitrogen organik yang telah mengalami penguraian. Pada umumnya, senyawa nitrogen yang digunakan dalam metabolisme sel mikroalga berupa amonium. Amonium dihasilkan melalui proses disosiasi amonium hidroksida. Amonium hidroksida merupakan amonia yang terlarut dalam air. Menurut Goldman dan Horne, reaksi pembentukan amonium adalah sebagai berikut:  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_4\text{OH} \longrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ . Bila reaksi di atas bergerak ke kanan maka konsentrasi amonium di dalam media akan meningkat dan pH media menjadi basa.

Pertumbuhan mikroalga secara pesat dapat mengurangi keberadaan karbondioksida hingga lebih kecil dari konsentrasi kesetimbangan karbondioksida

di dalam air dan udara, sehingga nilai pH meningkat. Hal tersebut juga terjadi karena pengaruh pemberian aerasi secara kontinu sehingga keberadaan karbondioksida digantikan oleh oksigen. Peningkat pH pada medium limbah cair tapioka ini menyebabkan ion penyusun alkalinitas juga mengalami perubahan. Pada kondisi ini, mikroalga *Scenedesmus* sp dapat memanfaatkan bikarbonat dan karbonat sebagai sumber karbon. Selain itu perubahan derajat keasaman dalam media kultur *Scenedesmus* sp. dapat diduga karena adanya perubahan kelarutan CO<sub>2</sub> dan mineral di dalam media pertumbuhan hal inilah yang menyebabkan pH pada media kultur dapat mengalami peningkatan yang signifikan.

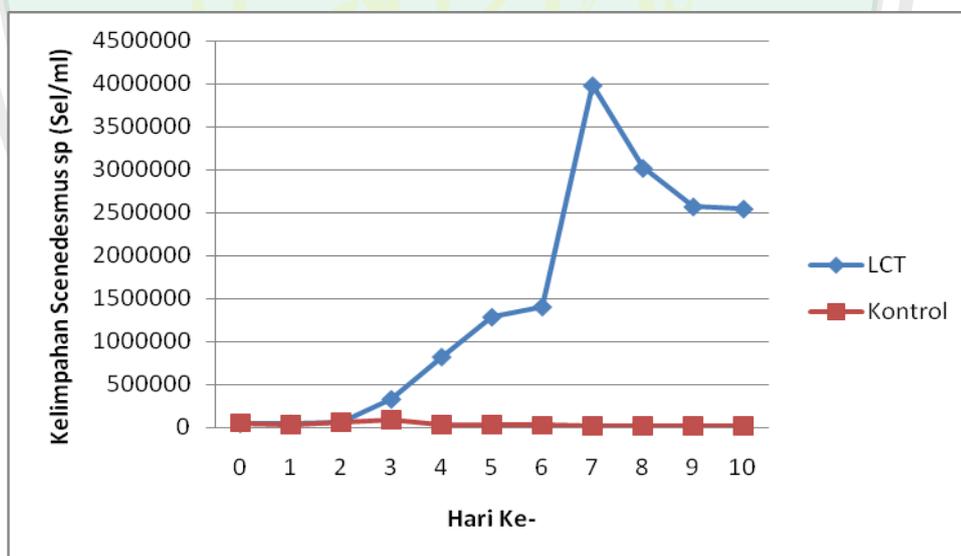
Proses fotosintesis merupakan proses mengambil CO<sub>2</sub> yang terlarut di dalam air, dan berakibat pada penurunan CO<sub>2</sub> terlarut dalam air. Penurunan CO<sub>2</sub> akan meningkatkan pH. Dalam keadaan basa ion bikarbonat akan membentuk ion karbonat dan melepaskan ion hidrogen yang bersifat asam sehingga keadaan menjadi netral. Sebaliknya dalam keadaan terlalu asam, ion karbonat akan mengalami hidrolisa menjadi ion bikarbonat dan melepaskan ion hidrogen oksida yang bersifat basa, sehingga keadaan netral kembali (Lavens dan Sorgeloos, 1996).

Nilai pH pada limbah cair tapioka tanpa aplikasi *Scenedesmus* sp juga mengalami peningkatan, akan tetapi peningkatannya tidak sebesar pada limbah cair yang dengan aplikasi. Nilai pH ini masih bersifat asam sehingga jika limbah cair tapioka ini dibuang langsung ke perairan akan mengganggu ekosistem perairan tersebut.

Menurut Ginting (2007) pH limbah cair tapioka yang rendah atau bersifat asam mengakibatkan tidak seluruh mikroorganisme dapat tumbuh dan berkembang di dalamnya, melainkan hanya beberapa mikroorganisme tertentu saja yang dapat bertahan. Nilai pH yang optimal bagi sebagian besar mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang adalah antara 6,0 - 8,0.

#### 4.2 Pertumbuhan Mikroalga *Scenedesmus* sp dalam Medium Kultivasi

Hasil pengamatan pengaruh kelimpahan sel *Scenedesmus* sp. terhadap limbah cair industri tapioka dan aquades sebagai media kultivasi disajikan pada Gambar 4.5 diperoleh data kelimpahan yang berbeda-beda disetiap media kultivasi pada setiap harinya.



Gambar 4.5 Kurva kelimpahan rata-rata *Scenedesmus* sp

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa kurva kelimpahan *Scenedesmus* sp. pada hari pertama menunjukkan kelimpahan yang berbeda di masing-masing medium

kultivasi. Perhitungan kelimpahan dimaksudkan untuk melihat seberapa besar mikroalga *Scenedesmus* sp. dapat memanfaatkan kandungan organik maupun anorganik yang ada dalam media kultur.

Data rerata kelimpahan sel *Scenedesmus* selama 10 hari pengamatan disajikan dalam bentuk kurva pertumbuhan (Gambar 4.5). Kurva pertumbuhan pada media limbah cair tapioka dan media kontrol (aquades) menunjukkan kecenderungan yang berbeda. Pada media limbah cair tapioka pertumbuhan terjadi secara cepat yaitu 3.981.071 sel/ml, sedangkan pada media kontrol (aquades) pertumbuhan terjadi sangat lambat dan Kultur dalam media kontrol menghasilkan kelimpahan sel terendah (87.096 sel/ml) pada saat fase eksponensial. Hal tersebut terjadi karena dalam aquades murni tidak terdapat nutrisi yang sudah hilang akibat proses penyulingan. Menurut Pierce (1958) Proses menghasilkan aquades dengan tingkat kemurnian 99% dan terbebas dari kontaminan seperti mikroorganisme, senyawa organik, dan anorganik. Akibatnya, sel-sel *Scenedesmus* sp yang diinokulasikan ke dalam akuabides sejak hari ke-0 hingga hari ke-10 tidak mendapatkan nutrisi yang dibutuhkan bagi pertumbuhan sehingga cenderung menurun kerapatannya

Kurva pertumbuhan *Scenedesmus* pada media limbah cair tapioka, dan aquades memperlihatkan adanya fase adaptasi (Gambar 4.6). Rerata kelimpahan sel pada hari ke-1 yang menurun dibandingkan dengan jumlah sel inokulum diasumsikan sebagai fase adaptasi. Fase adaptasi pada kultur yang ditumbuhkan dalam media limbah cair tapioka berbeda dengan kontrol (aquades). Hal tersebut sesuai dengan Stanier *dkk.* (1970), yang menyatakan bahwa fase adaptasi biasanya

terjadi ketika inokulum diinokulasikan ke dalam media baru yang berbeda komponen kimiawinya. Sel-sel yang diinokulasi mula-mula melakukan perubahan kimiawi dan fisiologis untuk menyesuaikan kembali aktivitas metabolismenya agar dapat tumbuh dalam media baru.

Fase eksponensial pada media limbah cair tapioka terlihat pada hari ke-2 hingga hari ke-7. Pada fase eksponensial terjadi peningkatan rerata kerapatan sel. Proses perbanyakan sel pada saat memasuki fase eksponensial berlangsung cepat sehingga populasi sel bertambah. Pertambahan populasi sel *Scenedesmus* yang pesat tersebut kemungkinan terjadi karena kandungan nutrisi di dalam limbah cair tapioka masih terdapat dalam konsentrasi yang tinggi sehingga proses pertumbuhan dan pembelahan sel berlangsung cepat.

Setelah mencapai fase eksponensial, rerata kelimpahan sel mulai menurun, yang menandakan kultur mulai memasuki fase stasioner dan selanjutnya mengalami fase kematian. Hal ini diduga karena berkurangnya sejumlah besar nutrisi dalam media dan akumulasi senyawa-senyawa beracun sisa metabolisme, selain itu juga diduga karena kekurangan unsur N ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ , dan  $\text{NO}_3$ ) mempengaruhi pembentukan klorofil. Hal tersebut akan mempengaruhi laju fotosintesis. Laju fotosintesis menentukan kuantitas produk (karbohidrat) yang dihasilkan. Karbohidrat hasil fotosintesis oleh mikroalga selain digunakan untuk pertumbuhan juga untuk respirasi selular. Apabila hasil fotosintesis berkurang, maka karbohidrat yang tersisa setelah sebagian digunakan dalam proses respirasi tidak mencukupi untuk pertumbuhan sel sehingga pertumbuhannya menurun.

Turunnya laju pertumbuhan spesifik dapat disebabkan oleh berkurangnya nutrisi sebagai faktor pembatas karena telah banyak dimanfaatkan selama fase eksponensial. Selain itu adanya toksik yang dihasilkan oleh spesies mikroalga itu sendiri, sebagai hasil samping dari metabolisme dapat meracuni mikroalga itu sendiri dan berkurangnya proses fotosintesis akibat bertambahnya jumlah sel sehingga hanya bagian permukaan kultur saja yang memperoleh cahaya (Nugraheny, 2001).

#### **4.3 Pemanfaatan Mikroalga dalam Pandangan Islam**

Al-Qur'an mengajarkan tentang pelestarian, konversi, dan pemeliharaan lingkungan hidup, disisi lain pencemaran, perusakan bahkan berbagai penjajahan terhadap lingkungan itu sendiri semakin merajalela. Berbagai pencemaran seakan telah menjadi fenomena yang tidak tertinggal. Padahal, Allah SWT telah banyak memperingatkan makhluk-Nya lewat kisah-kisah, ungkapan, peringatan, bahkan teguran dalam Al-Qur'an untuk tidak membuat kerusakan di muka bumi ini (*walaa tufsidu fii al ardt*). Al-Qur'an sangat jelas dan tegas mengajarkan manusia untuk menjaga keseimbangan alam ini. Makna keseimbangan yang diciptakan Allah berupa lingkungan yang bermanfaat bagi kehidupan dengan menghindari upaya perusakan di muka bumi (Qardhawi, 1998).

Menurut Qaradhawi (2002) tidak ada sesuatupun yang rusak, tercemar atau hilang keseimbangannya sebagaimana penciptaan awalnya. Akan tetapi datangnya kerusakan, pencemaran dan perusakan lingkungan adalah hasil perbuatan tangantangan manusia semata yang secara sengaja berusaha untuk

mengubah fitrah Allah pada lingkungan, dan mengubah ciptaan-Nya pada kehidupan dan diri manusia.

Dari berbagai uraian tersebut jelaslah bahwa kerusakan lingkungan terjadi karena manusia. Makhluk-makhluk lain sangat kecil sumbangannya dalam perusakan ekologi, karena itu Al-Qur'an dengan tegas memperingatkan dalam surat Ar-Ruum ayat 41.

Peringatan Al-Qur'an tersebut mutlak benar. Kerusakan lingkungan hidup disebut sebagai "akibat perbuatan tangan manusia", faktanya memang demikian. Manusia adalah perusak lingkungan hidup nomor satu di dunia ini. Penyebab dari kebanyakan hal itu adalah keserakahan untuk mengeksploitasi sumber daya alam demi keuntungan sesaat tanpa mengindahkan hak hidup sesamanya (Bakry dkk, 1996).

Sebagai seorang ahli biologi, dengan ini peneliti menggunakan mikroalga *Scenedesmus* sp sebagai bioremediator untuk menyerap kandungan berbahaya dalam limbah. Dalam kenyataannya memang mikroalga *Scenedesmus* sp ini memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga tidak bisa dilihat dengan mata, kecilnya ukuran mikroalga bukan berarti mereka tidak memiliki suatu peranan. Mikroalga memiliki peranan sangat penting terutama dalam ekosistem perairan. Karena mikroalga merupakan produsen primer untuk memenuhi kebutuhan energi bagi makhluk hidup. Selain itu mempunyai manfaat sebagai bioremediator, dimana dapat mengurangi tingkat pencemaran baik limbah organik maupun anorganik.

Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan perubahan kandungan polutan setelah pemberian Mikroalga *Scenedesmus sp* dapat menurunkan kadar BOD yaitu 136.6533 Mg/l, COD 62.3656 Mg/l, NH<sub>4</sub> 4.1322 Mg/l, NO<sub>2</sub> 3.8193 Mg/l, dan NO<sub>3</sub> 26.4292 Mg/l. Adanya hasil penelitian ini semakin memperkuat bahwasannya Allah SWT telah menciptakan segala sesuatu tanpa ada yang sia-sia. Oleh karena itu, manusia hendaknya bersyukur atas berbagai nikmat yang telah diberikan Allah SWT. Allah telah berfirman dalam surat Ali 'Imran ayat 191.

Menurut Shihab (2002) ayat diatas mendefinisikan orang-orang yang mendalam pemahamannya dan berpikir tajam (Ulul Albab), yaitu orang yang berakal, orang-orang yang mau menggunakan pikirannya, mengambil faedah, hidayah, dan menggambarkan keagungan Allah SWT. Ia selalu mengingat Allah (berdzikir) di setiap waktu dan keadaan, baik di waktu ia berdiri, duduk atau berbaring. Jadi dijelaskan dalam ayat ini bahwa ulul albab yaitu orang-orang baik lelaki maupun perempuan yang terus menerus mengingat Allah dengan ucapan atau hati dalam seluruh situasi dan kondisi.

Orang-orang yang berdzikir lagi berfikir mengatakan: "Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan makhluk ini semua, yaitu langit dan bumi serta segala isinya dengan sia-sia, tidak mempunyai hikmah yang mendalam dan tujuan yang tertentu yang akan membahagiakan kami di dunia dan di akhirat, sebagaimana disebar luaskan oleh sementara orang-orang yang ingin melihat dan menyaksikan akidah dan tauhid kaum muslimin runtuh dan hancur. Maha Suci Engkau Ya Allah dari segala sangkaan yang bukan bukan yang ditujukan kepada

Engkau. Karenanya, maka peliharalah kami dari siksa api neraka yang telah disediakan bagi orang-rang yang tidak beriman (Depag RI, 1990).

Pelajaran yang dapat diambil dalam penelitian ini sebagai seorang ahli biologi adalah pemanfaatan mikrolaga *Scenedesmus* sp sebagai bioremediator yang mampu mengurangi tingkat pencemaran limbah baik limbah organik maupun anorganik, dapat mengurangi tingkat kematian ikan, biota air, dan mikroorganisme air, serta dapat mengembalikan keseimbangan lingkungan hidup. Dengan adanya penelitian ini, sebagai seorang khalifah dapat mengetahui kebesaran Allah SWT dan meningkatkan keimanan dan ketakwaan kita.



