

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Konsentrasi Limbah Cair Tapioka Terhadap Pertumbuhan Kelimpahan Mikroalga *Scenedesmus* sp.

Berdasarkan hasil statistik *One Way Anova* diketahui bahwa ada pengaruh konsentrasi limbah cair tapioka terhadap pertumbuhan sel mikroalga *Scenedesmus* sp. Hal ini ditunjukkan (Lampiran 2) $F_{hitung} (12) > F_{tabel} (3,24)$, sehingga hipotesis yang terjadi adalah H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Adanya pengaruh nyata pemberian konsentrasi limbah cair tapioka terhadap pertumbuhan sel mikroalga *Scenedesmus* sp. menandakan bahwa limbah cair tapioka dapat digunakan sebagai media untuk pertumbuhan mikroalga *Scenedesmus* sp. Hal ini diduga karena kandungan nutrisi dalam limbah cair tapioka sesuai dengan kebutuhan *Scenedesmus* sp. untuk pertumbuhan.

Menurut Widianingsih (2011) nutrisi pada media pemeliharaan merupakan komponen yang paling penting dalam pertumbuhan mikroalga. Sedangkan menurut Shiharan (1990) ketersediaan nutrisi yang cukup akan menghasilkan pertumbuhan dan nilai kepadatan yang tinggi.

Tabel 4.1: Hasil Uji Proksimate Pada Kandungan Limbah Cair Tapioka.

Kandungan	Kadar (%)
Nitrogen (N)	0,319
Phospor (P)	0,0013
Kalium (K)	0,004
Lemak	0
Air	96,19
Abu	0,02
Amilum	3,92

Berdasarkan hasil uji proksimat untuk mengetahui kandungan nutrisi pada limbah cair tapioka terdapat unsur N, P dan K, dimana ketiga makronutrient sangatlah berpengaruh sebagai nutrisi *Scenedesmus* sp. untuk melakukan pertumbuhan. Hal ini didukung dengan pernyataan Chrismadha (2006) Nitrogen (N) dan Fosfor (P) sangat berperan sebagai penyusun senyawa protein dalam sel, sehingga kekurangan kedua unsur tersebut menyebabkan sel-sel alga mengalami penurunan kandungan protein yang pada umumnya diikuti oleh degradasi berbagai komponen sel yang berkaitan dengan sintesis protein. Konsentrasi nitrogen (N) dan fosfor (P) yang rendah akan menghambat terjadinya sintesis protein dan sintesis karbohidrat.

Pada kultur mikroalga dibutuhkan berbagai macam unsur anorganik, baik sebagai hara makro (N, P, K, S, Na, Si dan Ca) maupun hara mikro (Fe, Zn, Cu, Mg, Mo, Co, B dll). Unsur N, P, S penting untuk pembentukan protein dan K berfungsi dalam metabolisme karbohidrat. Fe dan Na berperan untuk pembentukan klorofil, sedangkan Si dan Ca merupakan bahan untuk pembentukan dinding sel atau cangkang. Pertumbuhan mikroalga sangat erat kaitannya dengan ketersediaan hara makro dan mikro serta dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh antara lain intensitas cahaya, suhu, tekanan osmose, pH dan konsentrasi nutrisi dalam media (Becker, 1994)

Nutrien utama yang paling dibutuhkan fitoplankton bagi pertumbuhan adalah nitrogen dalam bentuk nitrat. Menurut Richmond (1986) dalam Indarmawan (2012) kandungan nitrogen yang berlebih dapat menghambat proses biosintesis sel alga. Kandungan nutrisi P yang berlebih maupun kurang dapat berdampak negatif pada pertumbuhan sel. Konsentrasi P berlebih maka akan

menghambat proses asimilasi senyawa P bagi pertumbuhan, bila konsentrasi P rendah akan mengganggu proses pembentukan ATP sehingga pertumbuhan sel terbatas. Diatom tidak bisa bertahan hidup dengan pasokan Si yang kurang karena silikat tidak hanya diperlukan dalam pembentukan dinding sel, tetapi juga diperlukan untuk sintesis asam deoksiribonukleat.

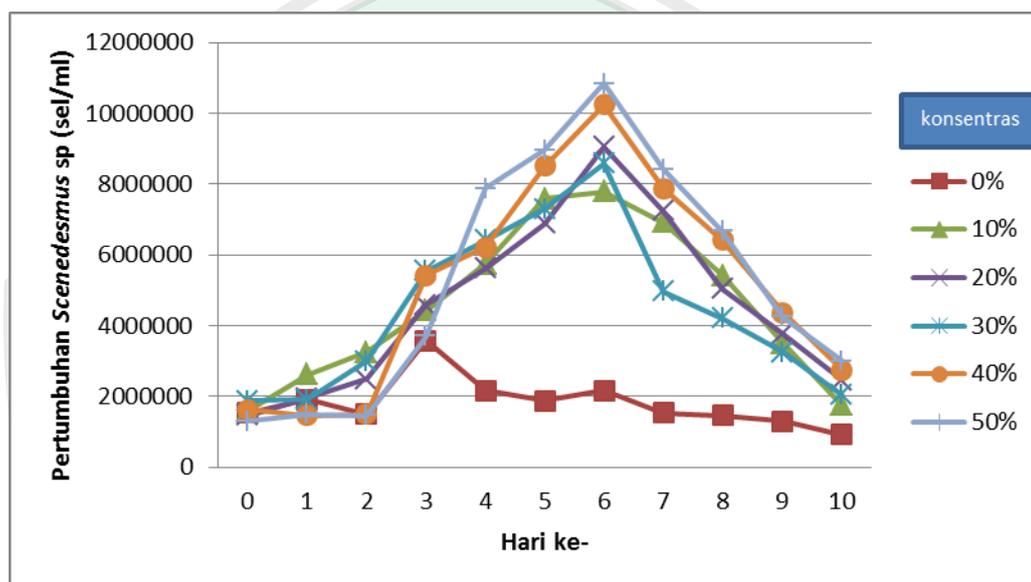
Bentuk senyawa nitrogen yang lebih disukai oleh mikroalga adalah amonium (NH_4) karena proses transportasi dan asimilasi ion amonium oleh sel fitoplankton membutuhkan energi yang lebih sedikit dibandingkan dengan transportasi diasimilasi ion nitrat (NO_3). Senyawa N dalam bentuk NH_4^+ ini kemudian diasimilasi bersama-sama dengan asam glutamat, menjadi berbagai jenis makromolekul organik seperti protein dan asam nukleat yang dibutuhkan oleh sel mikroalga (Irianto, 2011).

Untuk mengetahui sejauh mana efektivitas dari masing-masing konsentrasi limbah cair tapioka dalam mempengaruhi pertumbuhan *Scenedesmus* sp. maka dilanjutkan dengan uji lanjut Beda Nyata Kecil (BNT), sebagaimana tercantum dalam lampiran 2.

Diketahui bahwa nilai rata-rata pertumbuhan sel mikroalga *Scenedesmus* sp. tertinggi yaitu terdapat pada perlakuan konsentrasi 50% sebesar 5.268.939sel/ml, sedangkan untuk nilai rata-rata terendah terdapat pada perlakuan kontrol sebesar 1.814.393sel/ml. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi limbah cair tapioka akan menghasilkan rata-rata pertumbuhan sel *Scenedesmus* sp. yang semakin tinggi pula. Sedangkan menurut Chrismandha (1994) menyatakan bahwa untuk mencapai pertumbuhan mikroalga yang maksimum maka perlu adanya suatu konsentrasi yang optimum. Defisiensi unsur

hara mengakibatkan berkurangnya vitalitas sel alga, sehingga mengakibatkan hilangnya kemampuan sel alga untuk membangun struktur fungsional yang terkait dengan unsur hara yang jumlahnya terbatas tersebut.

Pertumbuhan sel mikroalga *Scenedesmus* sp. pada 6 perlakuan yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dalam waktu 10 hari disajikan pada kurva gambar 4.1.



Gambar 4.1: Kurva pertumbuhan sel mikroalga *Scenedesmus* sp.

Dari kurva tersebut dapat diketahui bahwa pertumbuhan sel *Scenedesmus* sp. pada setiap perlakuan memiliki nilai pertumbuhan sel yang berbeda-beda. Kurva pertumbuhan sel *Scenedesmus* sp. menunjukkan konsentrasi 0% (kontrol) mempunyai selisih pertumbuhan sel jauh lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi lainnya. Hal ini disebabkan karena pada konsentrasi 0% nutrient yang dibutuhkan oleh *Scenedesmus* sp. dalam keadaan terbatas. Kondisi ini mempengaruhi pada kemampuan sel *Scenedesmus* sp. dalam pembelahan sel.

Perlakuan ini *Scenedesmus* sp. hanya dapat memanfaatkan faktor pertumbuhan dari cahaya, suhu, dan pH.

Fase lag *Scenedesmus* sp. pada 6 perlakuan ini dapat dilihat dari kurva diatas (Gambar 4.1). Pada fase ini rata-rata hanya terjadi dalam waktu kurang dari 24 jam, hal ini ditunjukkan oleh nilai pertumbuhan sel sudah terjadi peningkatan pada hari ke-1. Namun pada konsentrasi 40% jumlah pertumbuhan sel mengalami penurunan pada hari ke-0 sebanyak 1.625.000sel/ml menjadi 1.458.333sel/ml. Hal ini diduga pada fase ini *Scenedesmus* sp, masih berada pada fase lag atau fase adaptasi sehingga tidak terjadi peningkatan jumlah rata-rata sel. Dapat dimungkinkan pada konsentrasi 40% sel masih memerlukan waktu yang belum cukup untuk beradaptasi dengan lingkungannya, sehingga diduga dengan jumlah konsentrasi yang tinggi maka ini dapat mengganggu metabolisme sel pula sehingga penurunan jumlah pertumbuhan sel pun menurun. Pada fase lag ini terjadi paling bagus pada konsentrasi 20% dimana pada konsentrasi ini terjadi peningkatan pertumbuhan sel yang paling tinggi dibanding pada konsentrasi lainnya yaitu sebanyak 1.958.333sel/ml.

Kondisi fase adaptasi pada penelitian ini didukung dengan pernyataan Stanier dkk (1970) dalam Prihantini (2007) 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. Sedangkan menurut pernyataan Sutomo (2005) bahwa mikroalga memiliki fase adaptasi terhadap lingkungan yang relatif cepat dibanding dengan fitoplankton lain dengan

nilai laju pertumbuhan relatif yang tinggi. Fase adaptasi tidak terjadi jika kondisi lingkungan sudah sesuai dengan lingkungan sebelumnya.

Menurut Becker (1994) dalam Irianto (2011) fase ini dimulai setelah penambahan inokulan ke dalam media kultivasi hingga beberapa saat setelahnya. Metabolisme berjalan tetapi pembelahan sel belum terjadi sehingga kepadatan sel belum meningkat karena mikroalga masih beradaptasi dengan lingkungan barunya.

Salah satu faktor yang menentukan lamanya fase adaptasi adalah umur kultur yang digunakan sebagai inokulum. Fase adaptasi akan menjadi lebih singkat atau bahkan tidak terlihat apabila sel-sel yang diinokulasikan berasal dari kultur yang berada dalam fase eksponensial (Prihantini, 2005).

Fase eksponensial pertumbuhan sel *Scenedesmus* sp. ditandai dengan meningkatnya jumlah sel setelah inokulum awal. Pada fase eksponensial terjadi peningkatan rerata pertumbuhan sel. Proses perbanyakan sel pada saat memasuki fase eksponensial berlangsung cepat sehingga populasi sel bertambah. Pada gambar 3 dapat dilihat fase eksponensial yang paling bagus dengan nilai rata-rata sel paling tinggi yaitu terjadi pada konsentrasi 50%, dimana pada fase ini terjadi pada hari ke-1 sampai hari ke-5. Fase eksponensial konsentrasi 50% terjadi paling bagus nilai rata-rata selnya yaitu pada hari ke-4 dengan jumlah rata-rata sel 7.875.000sel/ml. Hal ini diduga pada konsentrasi 50% terkandung nutrisi yang sesuai untuk pertumbuhan *Scenedesmus* sp. Sehingga mengakibatkan kenaikan rata-rata pertumbuhan sel yang tinggi pula. Pertumbuhan populasi sel *Scenedesmus* sp. yang pesat tersebut kemungkinan terjadi karena kandungan nutrien pada media terdapat dalam konsentrasi yang tinggi sehingga proses

pertumbuhan dan pembelahan sel berlangsung cepat. Sedangkan nilai terendah rata-rata sel pada fase eksponensial terjadi pada kontrol dengan jumlah rata-rata sel 3.583.333sel/ml.hal ini diduga pada konsentrasi ini kandungan nutrisi sangat terbatas sehingga berpengaruh pula pada kenaikan jumlah rata-rata selnya. Pada konsentrasi ini fase eksponensial terjadi pada hari ke-3.

Menurut Dahril (1996), bahwa kondisi media yang baik dan tersedianya nutrisi yang mencukupi dalam media kultur dapat menyebabkan terjadinya pertambahan populasi mikroalga dengan cepat, tetapi juga akan mengalami penurunan yang cepat bila kondisi media dan nutrisi tidak lagi dapat mendukung kehidupannya.

Menurut Kabinawa (2006), fase logaritmik (eksponensial) sel mikroalga mengalami pembelahan maksimal menjadi dua kali lipat dari sebelumnya. Fase ini masih tetap berlangsung dengan cepat selama nutrisi, pH dan intensitas cahaya masih mampu memenuhi kebutuhan fitoplankton.

Fase eksponensial dimulai dengan pembelahan sel dengan laju pertumbuhan yang meningkat secara intensif. Bila kondisi kultur optimum maka laju pertumbuhan pada fase ini dapat mencapai nilai maksimal dan pola laju pertumbuhan dapat digambarkan dengan kurva logaritmik. Pada fase ini merupakan fase terbaik untuk memanen mikroalga. Fase pertumbuhan mikroalga terjadi dalam waktu 4-6 hari (Isnansetyo, 1995).

Fase penurunan jumlah pertumbuhan, merupakan fase dimana sel tetap mengalami pertumbuhan namun tidak seintensif pada fase sebelumnya. Pada konsentrasi 20% terjadi penurunan jumlah sel yang paling tinggi dibanding pada fase sebelumnya, pada konsentrasi ini fase penurunan jumlah pertumbuhan terjadi

pada hari ke- 5 sampai hari ke-6. Sedangkan untuk nilai rata-rata penurunan jumlah pertumbuhan paling rendah terjadi pada konsentrasi 10%. Fase ini terjadi dikarenakan semakin bertambahnya jumlah sel yang tumbuh mengakibatkan ketersediaan nutrisi pada media pun semakin terbatas sehingga menimbulkan pembelahan sel yang terjadi juga semakin berkurang.

Fase penurunan jumlah pertumbuhan diawali pertumbuhan yang mulai melambat dapat disebabkan oleh tiga hal, yaitu berkurangnya mikronutrien sebagai faktor pembatas karena telah banyak dimanfaatkan selama fase logaritmik, adanya toksik yang dihasilkan oleh mikroalga itu sendiri sebagai hasil dari metabolisme yang meracuni mikroalga itu sendiri dan berkurangnya proses fotosintesis akibat bertambahnya jumlah sel sehingga hanya bagian permukaan kultur saja yang memperoleh cahaya (Nugraheny, 2001).

Fase stasioner pada 6 perlakuan ini terjadi secara bersamaan kecuali pada konsentrasi 0%. Pada kontrol merupakan konsentrasi yang paling cepat terjadi fase stasionernya yaitu terjadi pada hari ke- 4. Pada fase ini nilai rata-rata sel hampir seimbang dibanding dengan fase sebelumnya. Sehingga diduga pada konsentrasi 0% ketersediaan nutrisi dalam media sudah tidak mencukupi lagi bagi *Scenedesmus* sp. untuk melakukan pembelahan, selain itu juga disebabkan kuantitas dan kualitas nutrisi dalam media konsentrasi 0% jauh lebih sedikit dibanding konsentrasi lainnya. Hal ini terbukti bahwa fase stasioner untuk konsentrasi 0% lebih cepat dibandingkan dengan konsentrasi lainnya. Pada fase penurunan kecepatan tumbuh pembelahan sel mulai melambat karena kondisi fisik dan kimia kultur mulai membatasi pertumbuhan. Sedangkan untuk nilai rata-rata penurunan jumlah sel yang paling tinggi terjadi pada konsentrasi 30% yang

terjadi pada hari ke- 7 dengan jumlah sel 4.958.333sel/ml. Pada fase stasioner, faktor pembatas dan kecepatan pertumbuhan bersifat setimbang karena jumlah sel yang membelah dan yang mati hampir sama.

Menurut Kawaroe (2010) fase stasioner diindikasikan dengan adanya pertumbuhan mikroalga yang terjadi secara konstan akibat dari keseimbangan katabolisme dan anabolisme dalam sel mikroalga. Umumnya untuk kelimpahan sel yang rendah dalam kultivasi terjadi fase stasioner yang pendek, sehingga menyulitkan pada saat pemanenan.

Fase stasioner diawali pertumbuhan yang mulai melambat dapat disebabkan oleh tiga hal, yaitu berkurangnya mikronutrien sebagai faktor pembatas karena telah banyak dimanfaatkan selama fase logaritmik, adanya toksik yang dihasilkan oleh mikroalga itu sendiri sebagai hasil dari metabolisme yang meracuni mikroalga itu sendiri dan berkurangnya proses fotosintesis akibat bertambahnya jumlah sel sehingga hanya bagian permukaan kultur saja yang memperoleh cahaya (Nugraheny, 2001).

Fase kematian pada 6 perlakuan ini terjadi pada hari yang sama yaitu terjadi pada hari ke-7 sampai hari ke-10. Fase kematian ini ditandai dengan penurunan jumlah pertumbuhan sel secara terus menerus yang disebabkan karena nutrisi yang terkandung dalam media sudah habis diserap oleh mikroalga *Scenedesmus* sp. sebagai bahan untuk melakukan pembelahan. Jumlah rata-rata sel pada fase kematian ini berbeda-beda, pada kontrol sebanyak 916.666sel/ml, pada konsentrasi 10% sebanyak 1.750.000sel/ml, pada konsentrasi 20% sebanyak 2.458.333sel/ml, konsentrasi 30% sebanyak 2.041.666sel/ml, konsentrasi 40% sebanyak 2.750.000sel/ml dan pada konsentrasi 50% sebanyak 3.000.000sel/ml.

Fase kematian ditandai dengan lajunya kematian yang lebih besar daripada laju reproduksi, sehingga jumlah sel mengalami penurunan secara geometrik. Penurunan kepadatan sel fitoplankton ditandai dengan perubahan kondisi optimum yang dipengaruhi oleh temperature, cahaya, pH medium, ketersediaan hara dan beberapa faktor lain yang saling terkait satu sama lain (Prabowo, 2009).

Indarmawan (2012) mengatakan fase kematian dapat terjadi karena kualitas air yang memburuk dan nutrisi yang habis sehingga kepadatan populasi mikroalga akan menurun drastis. Fase ini dapat disebabkan karena berbagai alasan, misalnya kekurangan oksigen, temperatur tinggi, gangguan pH maupun kontaminasi.

Berdasarkan hasil kurva pertumbuhan diatas konsentrasi 50% merupakan konsentrasi yang efektif sebagai media untuk pertumbuhan mikroalga, hal ini dibuktikan pada nilai rata-rata jumlah sel pada konsentrasi 50% mempunyai nilai paling tinggi dibandingkan dengan konsentrasi lainnya. Hal ini diduga kandungan nutrisi yang terdapat pada konsentrasi 50% lebih baik dibandingkan dengan konsentrasi lainnya, dimana pada konsentrasi ini dapat dimungkinkan mempunyai nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan *Scenedesmus* sp. dalam pertumbuhan. Kandungan nutrisi yang baik dapat mempengaruhi pertumbuhan sel yang baik pula.

Menurut Prihantini (2007) menyatakan bahwa karbohidrat, protein, dan lemak bila diuraikan menjadi monomer-monomer penyusunnya, pada akhirnya akan menjadi asetil KoA. Selanjutnya, asetil KoA masuk ke dalam siklus Krebs, dilanjutkan dengan rantai transpor elektron yang akan menghasilkan ATP.

Energi yang terkandung dalam ATP tersebut digunakan untuk pertumbuhan dan pembelahan sel *Scenedesmus* sp.

Berdasarkan O'Kelley (1968) dalam Prihantini (2007) kekurangan unsur N dan Mg (makronutrien) mempengaruhi pembentukan klorofil. Sementara itu, kekurangan mikronutrien seperti Mn dapat mempengaruhi proses fotosintesis karena Mn merupakan aktivator enzim pada reaksi terang fotosintesis. 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.

Penyerapan limbah cair oleh mikroalga dibantu dengan aktivitas enzimatik bakteri yang mengurai bahan organik limbah cair menjadi molekul yang sederhana. (Darmono, 2001). Bahan organik yang ada pada limbah cair terjadi perombakan terutama protein, karbohidrat, dan lemak yang dibantu oleh mikroorganisme pengurai menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu menjadi asam amino, glukosa dan asam lemak (Nurhasan dan Pramudiyanto, 1997). Proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dapat berlangsung karena adanya nutrisi dalam air limbah dan mengandung O_2 terlarut (Sitaresmi, 2012).

Microalgae merupakan mikroba autotrof yang mampu memanfaatkan $(NH_2)_2CO$ dan NH_3-N sebagai sumber nitrogen (sumber N) dan gas karbon dioksida (CO_2) sebagai sumber karbon (sumber C). Dalam skala besar mikroalga selalu berasosiasi dengan bakteri/mikroba lain. Pada dasarnya, interaksi bakteri-

algae mampu memurnikan air sungai. Aktivitas metabolisme bakteri heterotropik-aerobik menghasilkan CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} dan sebagainya. Mikroalga menyerap senyawa-senyawa tersebut dan menghasilkan bahan organik, O_2 , dan H_2O . Oksigen yang diproduksi mikroalga digunakan oleh bakteri aerobik-heterotrofik diantaranya untuk reaksi nitrifikasi dan bakteri anaerobik-denitrifikasi (Wardhany, 2008).

4.2 Pengaruh Konsentrasi Limbah Cair Tapioka Terhadap Kadar Lipid yang Dihasilkan

Berdasarkan hasil statistik *One Way Anova* diketahui bahwa ada pengaruh pemberian konsentrasi limbah cair tapioka terhadap pertumbuhan mikroalga *Scenedesmus sp.* Hal ini ditunjukkan (Lampiran 5) F hitung (126,313849) > F tabel (3,24), sehingga hipotesis yang terjadi adalah H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Adanya pengaruh nyata pemberian konsentrasi limbah cair tapioka terhadap kadar lipid yang dihasilkan menandakan bahwa limbah cair tapioka dapat digunakan sebagai media untuk pertumbuhan mikroalga *Scenedesmus sp.* dengan baik, karena semakin tinggi nilai rata-rata jumlah sel yang dihasilkan maka semakin tinggi pula kadar lipid yang dihasilkan. Hal ini dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi N, P, K dalam limbah cair tapioka yang mencukupi kebutuhan *Scenedesmus sp.* dalam pertumbuhan. Dimana keberadaan nitrogen (N) dan fosfor (P) yang tinggi akan mengakibatkan terjadinya sintesis protein dan sintesis karbohidrat. Karbohidrat ini digunakan sebagai substrat dalam proses respirasi yang menghasilkan energi dalam bentuk ATP. ATP ini digunakan untuk berbagai

proses esensial dalam kehidupan, misalnya untuk pertumbuhan dan penimbunan ion (Salisbury, 1995).

Karbohidrat seperti sukrosa, fruktan, atau pati merupakan substrat respirasi. Respirasi umum glukosa dapat ditulis sebagai berikut:



Sebagian besar energi yang dilepaskan selama respirasi kira-kira 2870 kJ. Energi yang terhimpun dalam ATP ini digunakan untuk berbagai proses esensial dalam kehidupan, misalnya untuk pertumbuhan dan penimbunan ion (Salisbury, 1995).

Dalam terjadinya perubahan molekul glukosa menjadi dua molekul piruvat ini disebut dengan proses glikolisis. Menurut Salisbury (1995) menyatakan bahwa glikolisis adalah sekelompok reaksi yang mengubah glukosa menjadi glukosa 1-P, atau fruktosa menjadi asam piruvat. Glikolisis merupakan tahap pertama dari tiga fase respirasi yang sangat berkaitan, diikuti oleh daur krebs dan pengangkutan elektron yang terjadi di mitokondria.

Menurut Ngili (2009) persamaan reaksi kimia lengkap untuk glikolisis sebagai berikut:



Dengan adanya ADP dan piruvat kinase, asam fosfoenolpiruvat diubah menjadi piruvat. Dalam reaksi ini gugus fosfan dari asam fosfoenol-piruvat dipindahkan ke ADP membentuk ATP. Proses glikolisis berperan mensuplai energi dan senyawa-senyawa perantau tertentu yang dapat digunakan untuk sintesis (Sasmitamihardja, 1990).

Dilanjutkan pada langkah selanjutnya yaitu daur krebs. Langkah awal menuju daur krebs menyangkut oksidasi dan hilangnya CO_2 dari piruvat dan

penggabungan sisa unit asetat 2-karbon dengan senyawa yang mengandung belerang, yakni *ko-enzim A (CoA)* membentuk asetil CoA (Salisbury (1995).

Reaksi dekarboksilat piruvat ini melibatkan thiamin dalam bentuk terfosforilasi sebagai gugus prostetik. Enzim yang berperan dalam reaksi pembentukan asetil CoA ini adalah asam piruvat dehidrogenase. (Lakitan, 1995).

Pada proses pengangkutan elektron, jika NADH dan FADH₂ yang dihasilkan dari glikolisis maupun siklus krebs dioksidasi, maka akan menghasilkan ATP. Walaupun dalam reaksi oksidasi ini akan diserap O₂ dan dihasilkan H₂O, namun NADH dan FADH₂ tidak dapat bereaksi langsung dengan oksigen dan molekul air. Elektron yang terlibat ditransfer melalui beberapa senyawa perantara sebelum H₂O dibentuk. Senyawa-senyawa yang dibentuk ini berperan untuk membentuk sistem pengangkutan elektron pada mitokondria. Pada mitokondria, pembentukan ATP didorong secara tidak langsung oleh kecenderungan O₂ untuk direduksi (Lakitan, 1995).

Untuk mengetahui sejauh mana efektivitas dari masing-masing konsentrasi limbah cair tapioka dalam mempengaruhi kadar lipid yang dihasilkan maka dilanjutkan dengan uji lanjut Beda Nyata Kecil (BNT), sebagaimana tercantum pada lampiran 5.

Berdasarkan hasil dari lampiran 5 diketahui bahwa nilai rata-rata kadar lipid yang dihasilkan tertinggi yaitu terdapat pada perlakuan konsentrasi 50% sebesar 32,424, sedangkan untuk nilai rata-rata terendah terdapat pada perlakuan konsentrasi 0% sebesar 19,832. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi limbah cair tapioka akan menghasilkan rata-rata kadar lipid yang semakin tinggi pula. Tingginya kadar lipid yang dihasilkan pada konsentrasi 50%

ini disebabkan karena tingginya nilai rata-rata jumlah sel *Scenedesmus* sp. yang dihasilkan. Ketersediaan nutrisi pada konsentrasi 50% sangatlah mendukung sel untuk melakukan pembelahan. Sedangkan menurut Chrismandha (1994) menyatakan bahwa untuk mencapai pertumbuhan mikroalga yang maksimum maka perlu adanya suatu konsentrasi yang optimum. Defisiensi unsur hara mengakibatkan berkurangnya vitalitas sel alga, sehingga mengakibatkan hilangnya kemampuan sel alga untuk membangun struktur fungsional yang terkait dengan unsur hara yang jumlahnya terbatas tersebut.

Nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroalga antara lain yaitu N, P, K, S. Menurut Borowitzka (1988) dalam Gunawan (2010) nitrogen merupakan makronutrisi yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga dalam kegiatan metabolisme sel yaitu proses transportasi, katabolisme, asimilasi dan khususnya biosintesis protein karena dengan adanya reaksi enzimatik yang dihasilkan oleh protein maka dapat mengkonversi lemak menjadi asam lemak.

Menurut Agustini (2002) asam lemak dalam mikroalga termasuk intraseluler karena terdapat didalam sel yaitu kloroplas dan pembentukanya dipengaruhi oleh adanya transportasi nitrat melalui proses asimilasi. Nitrat sebagai sumber nitrogen dalam media kultur ditransport secara langsung ke dalam sel dengan adanya ATP-ase dari Cl dan sebelum diasimilasi nitrat direduksi menjadi ion ammonium melalui tahapan:



Ion ammonium ini diasimilasi membentuk asam amino (prekursor protein) dan asam amino-asam amino yang bergabung menjadi makromolekul atau protein inilah yang akan mengkonversi lemak menjadi asam lemak dengan

reaksi enzimatik. Menurut Kimbal (1991) berpendapat bahwa ada hubungan metabolisme antara karbohidrat, protein, dan lemak yakni kompetisi asetil ko-A yang merupakan prekursor pada beragam jalur biosintesis, seperti lemak, protein, dan karbohidrat. Jalur biosintesa lemak mikroalga pada prinsipnya sama dengan jalur biosintesa yang terjadi pada tanaman tinggi.

4.3 Kajian Keislaman Hasil Penelitian Pengaruh Konsentrasi Limbah Cair Tapioka Terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Scenedesmus* sp. dan Kadar Lipid yang Dihasilkan

Dari hasil penelitian yang ada jelas adanya bahwa sesungguhnya Allah menciptakan segala sesuatu yang dilangit dan di bumi dengan penuh manfaat jika kita dapat memanfaatkannya. Limbah dikenal oleh masyarakat sebagai air yang sudah tidak bisa dimanfaatkan, karena limbah merupakan hasil dari buangan proses-proses sebelumnya. Limbah cair tapioka mengandung senyawa-senyawa kimia yang berbahaya, seperti senyawa racun CN atau HCN, dimana senyawa tersebut mempunyai dampak negatif yang sangat tinggi. Akan tetapi, selain itu limbah cair tapioka juga mempunyai dampak positif pula. Limbah ini dapat dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan mikroalga *Scenedesmus* sp. Dimana dari hasil pertumbuhan kelimpahan mikroalga *Scenedesmus* sp. ini juga mempengaruhi kadar lipid yang dihasilkan. Lipid yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan utama biodiesel.

Limbah agroindustri dalam bentuk cair merupakan masalah utama yang banyak menimbulkan pencemaran air. Limbah industri tapioka masih belum dimanfaatkan secara optimal dan jika limbah dibuang begitu saja berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan yang dapat mengganggu lingkungan. Bau

yang tidak enak akibat pencemaran tersebut disebabkan karena adanya persenyawaan organik dan anorganik yang mengandung nitrogen, sulfur dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein dari bahan-bahan organik (Zaitun, 2001).

Menurut Sumiyati (2009), menyatakan bahwa limbah tapioka dapat mengakibatkan komunitas lingkungan air disungai terancam kepunahan, karena limbah cair tapioka mengandung senyawa racun CN atau HCN yang sangat tinggi. Dimana dalam pembuangan limbah kelingkungan air tidak mengalami pengolahan terlebih dahulu. Dampak negatif dari limbah cair mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan, diantaranya bau yang tidak sedap dan beberapa sumur warga yang tidak layak untuk dikonsumsi. limbah cair tapioka memiliki kandungan bahan organik diantaranya glukosa sebesar 21,067 mg%, karbohidrat sebesar 18,900 % dan vitamin C sebesar 51,040 mg%.

Untuk membenarkan hal ini Allah menegaskan dalam firmanya Qs. Yunus: 101, yang berbunyi:

قُلْ أَنْظَرُوا مَاذَا فِي السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَمَا تُغْنِي الْآيَاتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَا يُؤْمِنُونَ ﴿١٠١﴾

Artinya: "Katakanlah: "Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi. tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan Rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman".

Kemudian Allah juga menegaskan dalam firmanya Qs. Al-Imron : 191 yang berbunyi:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya : “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka peliharalah Kami dari siksa neraka”.

Makna yang tersurat dalam ayat ini artinya bahwa Allah memerintahkan kepada semua hambaNya agar selalu memikirkan kekuasaan Allah yang ada dilangit dan dibumi. Dengan memahami hikmah yang terdapat pada keduanya yang menunjukkan keagungan sang Pencipta, juga kekuasaan, keluasan ilmu, hikmah, perbuatan serta rahmatNya. Allah telah benar-benar mencela orang yang tidak mengambil pelajaran dari penciptaan makhluk-makhlukNya. Padahal semua itu menunjukkan kepada keesaan Dzat dan SifatNya. Juga menunjukkan syari'at dan tanda-tanda kekuasaanNya. Allah tidak menciptakan segala sesuatu sia-sia, tetapi dengan hak. Allah akan memberikan balasan kepada mereka yang berbuat keburukan atas apa yang telah mereka kerjakan, dan memberikan balasan yang baik kepada mereka yang melakukan kebaikan (Syafiyyurrahman, 2007).