

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Kemampuan Isolat *Chlorella* sp. Sebagai Bioremediator Limbah Cair Tahu

Hasil analisis data yang diperoleh sebelum dan sesudah pemberian isolat *Chlorella* sp. pada limbah cair tahu disajikan dalam bentuk tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil uji kualitas air limbah cair tahu sebelum dan sesudah pemberian isolat *Chlorella* sp.

Parameter	Limbah cair tahu dengan pemberian <i>Chlorella</i> sp.		Limbah cair tahu tanpa pemberian <i>Chlorella</i> sp.		Baku Mutu *
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	
<b>BOD</b>	301.067 mg/l	56.404 mg/l	301.067 mg/l	250.046 mg/l	150 mg/l
<b>COD</b>	357.6 mg/l	133 mg/l	357.6 mg/l	310.45 mg/l	300 mg/l
<b>N-NH<sub>3</sub></b>	91.41 mg/l	133 mg/l	91.41 mg/l	83.581 mg/l	5 mg/l
<b>N-NO<sub>3</sub></b>	56.71 mg/l	14.47 mg/l	56.71 mg/l	48.57 mg/l	30 mg/l
<b>N-NO<sub>2</sub></b>	23.83 mg/l	2.23 mg/l	23.83 mg/l	18.25 mg/l	3 mg/l
<b>pH</b>	4	8	4	6	6 – 9

Keterangan (\*): BM berdasarkan Keputusan Gubernur Jatim No 45 (2002).

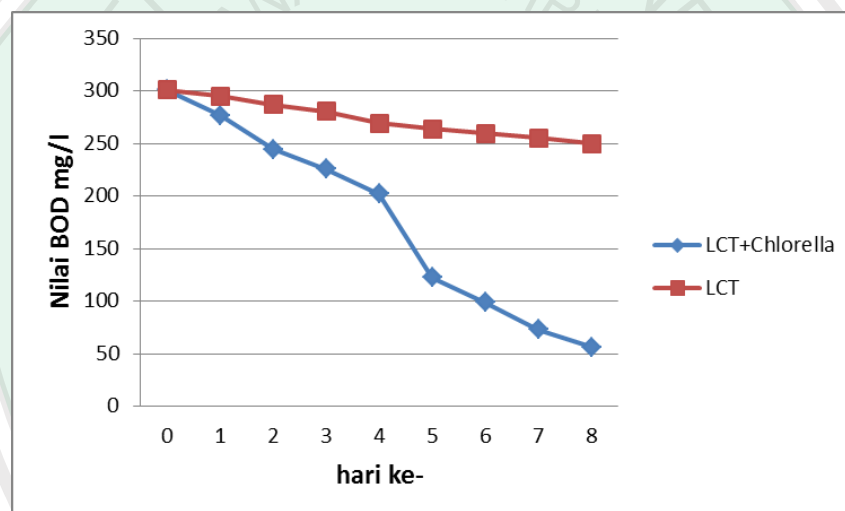
Tabel 4.1 diatas menunjukkan bahwa dengan pemberian *Chlorella* sp. terhadap limbah cair tahu dapat menurunkan nilai BOD, COD, NH<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, dan NO<sub>2</sub>. Pemberian isolat *Chlorella* sp. juga dapat meningkatkan nilai pH. Nilai BOD, COD, NH<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, dan NO<sub>2</sub> tersebut sesuai dengan baku mutu limbah cair tahu, karena nilai penurunan parameter tersebut di bawah standar baku mutu yang

sudah ditetapkan. Menurut Keputusan Gubernur Jatim No 45 (2002) untuk limbah cair tahu memiliki kadar maksimum BOD 150 mg/l, COD 300 mg/l,  $\text{NH}_3$  5 mg/l,  $\text{NO}_3$  30 mg/l,  $\text{NO}_2$  3 mg/l, dan pH 6 – 9.

Nilai BOD pada limbah cair tahu sebelum pemberian isolat *Chlorella* sp. sangat tinggi yaitu 301.067 mg/l. Nilai BOD tersebut melebihi batas maksimum dari baku mutu limbah cair tahu yang sudah ditetapkan. Limbah cair tahu yang dibuang langsung ke badan perairan akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Pemberian *Chlorella* sp. dapat menurunkan nilai BOD limbah cair tahu yaitu menjadi 56.404 mg/l pada hari terakhir perlakuan. Nilai BOD limbah cair tahu tanpa pemberian isolat *Chlorella* sp. pada akhir perlakuan juga mengalami penurunan menjadi 250.046 mg/l. Gambar 4.1 di bawah ini menunjukkan penurunan nilai BOD pada limbah cair tahu setelah pemberian isolat *Chlorella* sp. dan penurunan nilai BOD pada limbah cair tahu tanpa pemberian isolat *Chlorella* sp.

Organisme yang menyebabkan menurunnya nilai BOD pada limbah cair tahu disebabkan adanya mikroalga *Chlorella* sp. yang menyerap senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tahu. Senyawa-senyawa organik tersebut merupakan nutrisi yang dibutuhkan oleh *Chlorella* sp. dalam pertumbuhannya. Penyerapan senyawa organik tersebut membutuhkan oksigen ( $\text{O}_2$ ). Menurut Kawaroe (2010) mikroalga *Chlorella* sp. membutuhkan oksigen yang berasal dari udara yang terlarut dan berasal dari hasil fotosintesis yang dilakukan oleh mikroalga *Chlorella* sp.

Hasil dari reaksi fotosintesis tersebut akan digunakan oleh *Chlorella* sp. dalam mengoptimalkan penguraian senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tahu. Menurut Ferdiaz (1992) aktivitas fotosintesis yang tinggi, akan menghasilkan oksigen yang tinggi pula sehingga oksigen terlarut dalam limbah cair akan meningkat. Jumlah oksigen terlarut dalam air limbah akan memacu kerja mikroorganisme dalam menguraikan senyawa-senyawa pencemar.



Gambar 4.1 Fluktuasi harian nilai BOD pada limbah cair tahu dengan dan tanpa pemberian *Chlorella* sp.

Penurunan nilai BOD pada limbah cair tahu tanpa pemberian isolat *Chlorella* yaitu 250.046 mg/l. Nilai BOD limbah cair tahu dengan pemberian *Chlorella* sp. lebih besar daripada nilai BOD limbah cair tahu tanpa pemberian isolat *Chlorella* sp. Pada limbah cair tahu dimungkinkan terdapat mikroorganisme yang dapat menguraikan senyawa-senyawa organik dalam limbah cair tahu.

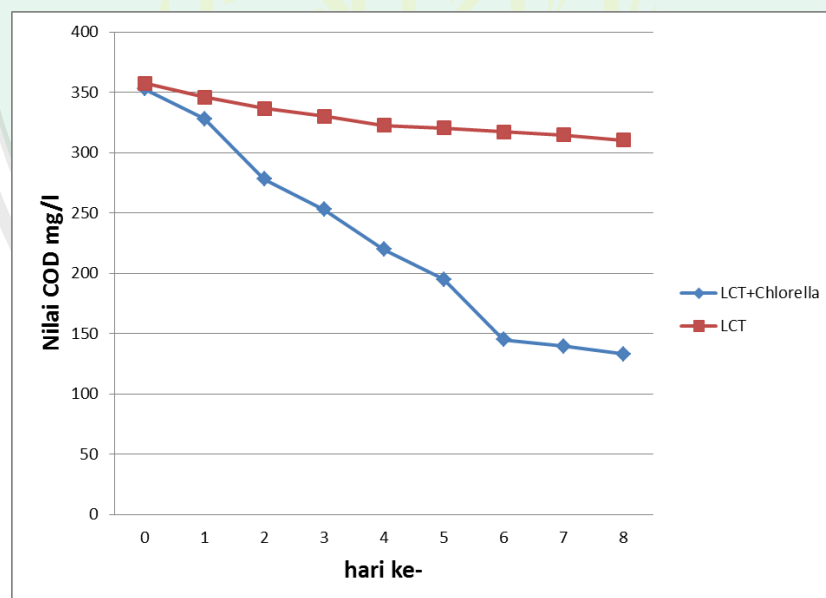
Contoh mikroorganisme yang terdapat dalam limbah cair tahu adalah bakteri aerob.

Menurut Pujiastuti (2009) menyatakan bahwa teknik pengolahan limbah cair tahu secara aerasi yaitu mengontakkan udara dengan limbah cair di dalam tangki aerasi agar mikroorganisme berkembang dengan pesat. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan senyawa organik yang terdapat dalam limbah cair tahu.

Pengolahan limbah cair menggunakan aerasi adalah pengaturan penyediaan udara pada bak aerasi dimana bakteri aerob akan memakan bahan organik di dalam air limbah dengan bantuan  $O_2$ . Penyediaan udara dalam bak aerasi bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan lingkungan dan kondisi dalam limbah cair tersebut, sehingga bakteri aerob dapat tumbuh dan berkembang baik (Hammer, 2004).

Pemanfaatan *Chlorella* sp. untuk menurunkan nilai BOD yang terkandung dalam limbah susu telah dilakukan oleh Pratiwi (1998). Nilai BOD pada limbah susu tanpa diberi perlakuan *Chlorella* pada hari pertama sebesar 354.6 mg/l dan pada hari ke delapan sebesar 240.2 mg/l. Sedangkan nilai BOD yang diberi perlakuan dengan *Chlorella* pada hari pertama pengamatan yaitu 285-324.6 mg/l. menjadi 10-20.48 mg/l di akhir pengamatan. Hal ini berarti *Chlorella* sp. mampu menurunkan nilai BOD pada limbah susu. Kemungkinan disebabkan semakin banyak jumlah populasi *Chlorella* sp. maka akan terjadi kenaikan kadar oksigen sebagai hasil fotosintesis *Chlorella* sp.

Penurunan kandungan polutan pada limbah cair tahu tidak hanya pada BOD saja, akan tetapi nilai COD limbah cair tahu juga mengalami penurunan. Berdasarkan tabel 4.1 diatas nilai COD pada limbah cair tahu sebelum pemberian isolat *Chlorella* sp. adalah 357.6 mg/l. Pemberian isolat *Chlorella* sp. dapat menurunkan nilai COD pada limbah cair tahu. Nilai COD limbah cair tahu dengan pemberian isolat *Chlorella* sp. pada ahir pengamatan sebesar 133 mg/l, sedangkan nilai COD limbah cair tahu tanpa pemberian *Chlorella* sp. sebesar 310.45 mg/l. Gambar 4.2 menunjukkan penurunan nilai COD pada limbah cair tahu setelah pemberian isolat *Chlorella* sp. dan penurunan nilai COD pada limbah cair tahu tanpa pemberian isolat *Chlorella* sp.



Gambar 4.2 Fluktuasi nilai COD pada limbah cair tahu dengan dan tanpa pemberian *Chlorella* sp.

Berdasarkan gambar 4.2 diatas menurunnya nilai COD diduga disebabkan adanya mikroalga *Chlorella* sp. yang memanfaatkan senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tahu. Senyawa-senyawa organik tersebut merupakan nutrisi yang dibutuhkan oleh *Chlorella* sp. dalam pertumbuhannya. *Chlorella* sp. membutuhkan oksigen untuk menyerap senyawa-senyawa organik pada limbah cair tahu. Menurut Kawaroe (2010) media air limbah dapat diolah secara biologis oleh mikroalga sekaligus memberikan masukan nutrient dalam pertumbuhannya.

Oksigen memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan. Hal ini karena oksigen berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Oksigen juga menentukan proses biologis yang dilakukan oleh organisme aerobik atau anaerobik. Dalam kondisi aerobik, peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrien yang pada akhirnya dapat memberikan kesuburan perairan. Dalam kondisi anaerobik, oksigen yang dihasilkan akan mereduksi senyawa-senyawa kimia menjadi lebih sederhana dalam bentuk nutrien dan gas. Karena proses oksidasi dan reduksi inilah maka peranan oksigen terlarut sangat penting untuk membantu mengurangi beban pencemaran. Di samping itu, oksigen juga sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk pernafasan (Salmin, 2005).

Penguraian bahan organik secara biologis oleh mikroorganisme menyangkut reaksi oksidasi dengan hasil akhir karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Hanum, 2002). Proses respirasi yang dilakukan oleh *Chlorella* sp. juga membutuhkan oksigen. Dalam respirasi terjadi reaksi oksidasi – reduksi, yaitu

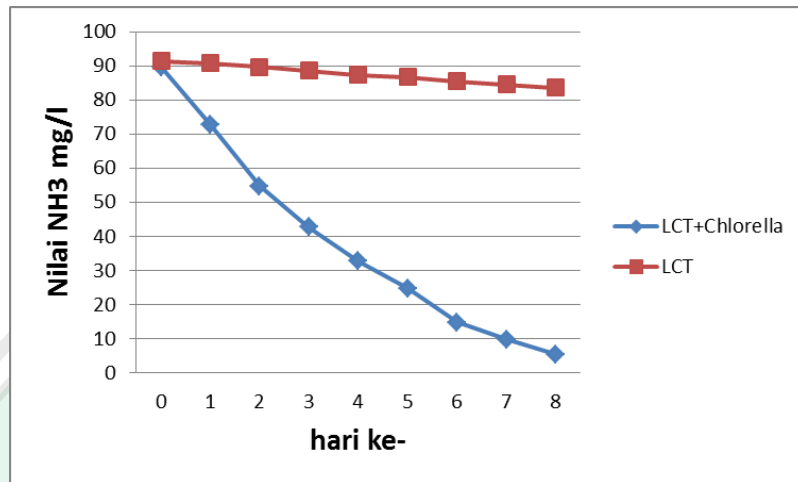
senyawa karbon dioksidasi menjadi  $\text{CO}_2$ , sedangkan  $\text{O}_2$  yang diserap direduksi membentuk  $\text{H}_2\text{O}$ . Protein yang merupakan kandungan terbesar dalam limbah cair tahu juga berperan sebagai substrat respirasi. Hasil akhir dari proses respirasi adalah energi. Energi tersebut dapat digunakan untuk mensintesis molekul lain yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp (Salisbury, 1995).

Penurunan nilai COD pada limbah cair tahu tanpa pemberian *Chlorella* sp. dimungkinkan karena adanya bakteri aerob yang terdapat pada limbah cair tersebut. Bakteri aerob membutuhkan oksigen dalam menurunkan nilai COD limbah cair tahu, oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan aerator untuk penambahan oksigen terlarut dalam limbah cair tahu. Menurut Jasmiati *et al* (2010) menyatakan bahwa bakteri yang digunakan untuk mendegradasi limbah adalah bakteri aerob yang membutuhkan oksigen bebas, maka dengan menambahkan aerasi secara kontinue proses pengolahan limbah menjadi lebih optimal.

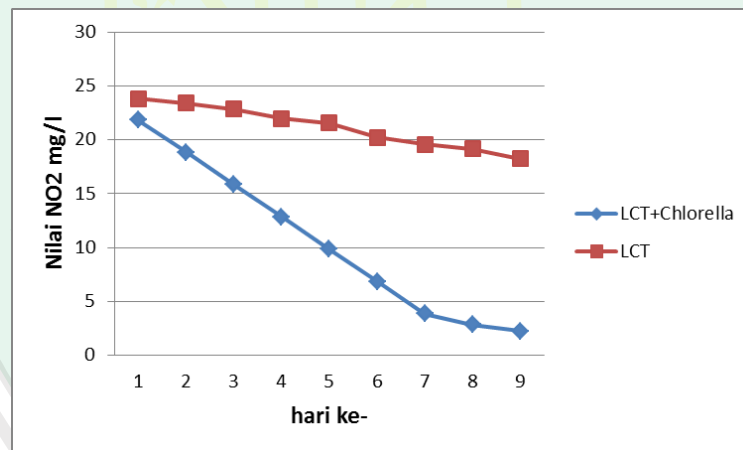
*Chlorella* sp. tidak hanya dimanfaatkan untuk menurunkan kandungan senyawa polutan pada limbah cair tahu, akan tetapi dapat dimanfaatkan juga pada limbah cair industri lainnya. Misalnya hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Sriharti (2004) menunjukkan bahwa *Chlorella* sp. mempunyai kemampuan mereduksi kadar COD pada limbah cair karet sebesar 56.24%.

Pemberian isolat *Chlorella* sp. pada limbah cair tahu selain dapat menurunkan kadar BOD dan COD, *Chlorella* juga memiliki kemampuan untuk menurunkan kandungan senyawa nitrogen pada limbah cair tahu. Senyawa nitrogen tersebut terdiri dari senyawa ammonia, nitrat, dan nitrit. Gambar 4.3 di

bawah ini menunjukkan penurunan nilai ammonia, nitrit, dan nitrat pada limbah cair tahu dengan dan tanpa pemberian isolat *Chlorella* sp.

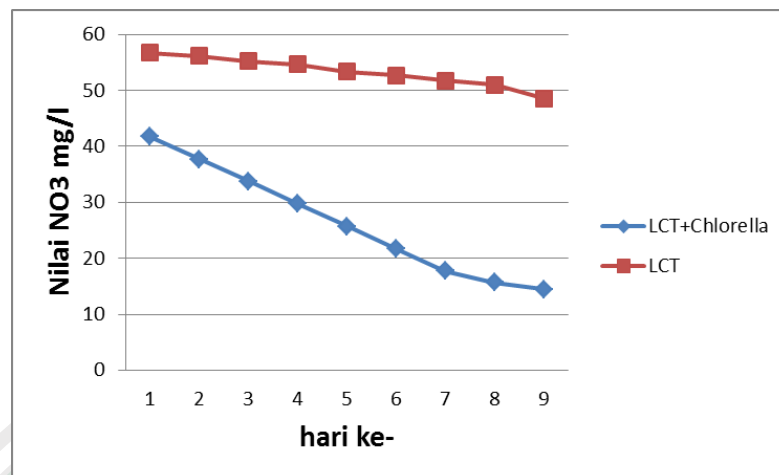


Gambar 4.3 (1) Fluktuasi nilai  $\text{NH}_3$  pada limbah cair tahu dengan dan tanpa pemberian isolat *Chlorella* sp.



Gambar 4.3 (2) Fluktuasi nilai  $\text{NO}_2$  pada limbah cair tahu dengan dan tanpa pemberian isolat *Chlorella* sp.





Gambar 4.3 (3) Fluktuasi nilai  $\text{NO}_3$  pada limbah cair tahu dengan dan tanpa pemberian isolat *Chlorella* sp.

Berdasarkan gambar 4.3 (a,b,c) adanya mikroalga *Chlorella* sp. dapat menurunkan nilai senyawa ammonia, nitrit, dan nitrat sehingga dapat mengurangi tingkat pencemaran lingkungan. Mikroalga *Chlorella* sp. membutuhkan nitrogen untuk nutrisi pertumbuhannya. Limbah cair tahu tanpa pemberian *Chlorella* juga mengalami penurunan senyawa nitrogen, akan tetapi tidak sebesar pada limbah cair tahu yang diberi isolat *Chlorella*.

Pada limbah cair tahu umumnya terdapat senyawa N dalam bentuk N-organik, yaitu N-ammonia ( $\text{N-NH}_3$ ), N-nitrit ( $\text{N-NO}_2$ ), dan N-nitrat ( $\text{N-NO}_3$ ). Senyawa nitrat ( $\text{NO}_3$ ) inilah yang dapat diserap langsung oleh mikroalga untuk memenuhi kebutuhan nutrisi dalam pertumbuhannya. Untuk ammonia ( $\text{NH}_3$ ) dan nitrit ( $\text{NO}_2$ ) akan diubah terlebih dahulu melalui proses nitrifikasi menjadi bentuk senyawa nitrat ( $\text{NO}_3$ ) yang akhirnya dapat diserap oleh mikroalga tersebut (Zulkifli, 2001).

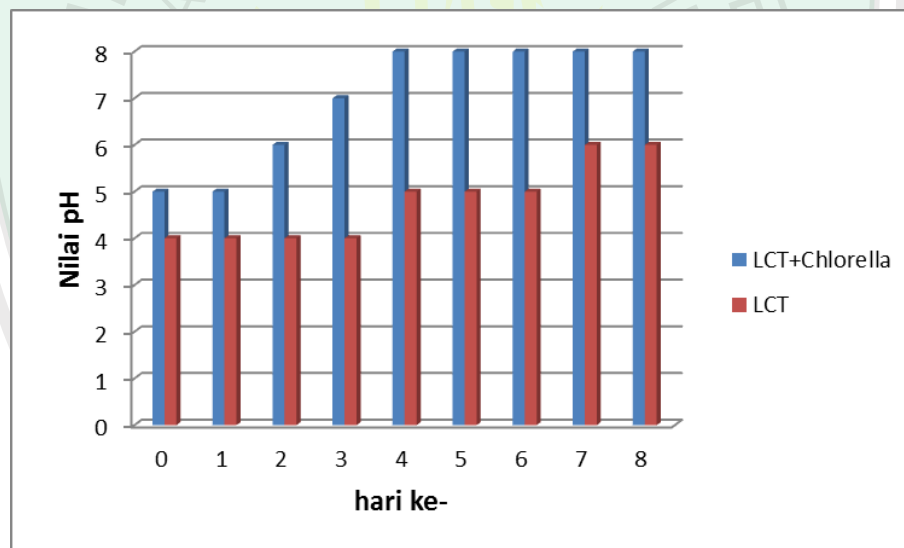
Menurut Xin *et al* (2010) mikroalga dapat mengurangi senyawa polutan pada air limbah domestik atau rumah tangga. Nitrat yang terkandung dalam air limbah rumah tangga tersebut sebagai sumber nitrogen mikroalga dalam pertumbuhannya. Mikroalga dapat mengurangi senyawa nitrogen sebesar 90% pada limbah domestik atau rumah tangga.

Menurut Effendi (2003) dalam Hartanti (2008), degradasi bahan organik melalui proses oksidasi secara aerob akan menghasilkan senyawa-senyawa yang lebih stabil. Proses oksidasi bahan organik dilakukan oleh berbagai jenis mikroorganisme dalam air. Dekomposisi bahan organik pada dasarnya melalui dua tahap yaitu bahan organik diuraikan menjadi bahan anorganik. Bahan anorganik yang tidak stabil kemudian mengalami oksidasi menjadi bahan anorganik yang stabil, misalnya ammonia mengalami oksidasi menjadi nitrit dan nitrat yang disebut juga dengan nitrifikasi.

Proses nitrifikasi yaitu pemberian oksigen pada ammonia untuk diubah menjadi nitrat dan nitrit oleh mikroorganisme (Herlambang, 2005). Proses nitrifikasi dapat membantu dalam menguraikan bahan organik. Selain itu juga dapat mengurangi jumlah ammonia yang terkandung dalam limbah cair tahu.

Menurut Sumantri *et al* (2010) untuk menghilangkan kadar ammonia yang tinggi pada limbah pabrik pupuk dapat menggunakan mikroalga dan proses nitrifikasi-denitrifikasi. Mikroalga dapat menghilangkan senyawa amoniak sebesar 67%, sedangkan proses nitrifikasi-denitrifikasi dapat menghilangkan senyawa ammonia sebesar 66.7% pada limbah pabrik pupuk.

*Chlorella* sp. memiliki peran yang besar dalam pengolahan limbah. *Chlorella* dapat menurunkan nilai BOD, COD, dan menurunkan senyawa nitrogen. Pemberian *Chlorella* sp. juga dapat meningkatkan nilai derajat keasaman (pH) pada limbah cair tahu dari kondisi asam menuju kondisi netral. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai pH limbah cair tahu sebelum pemberian isolat *Chlorella* sp. adalah 4 dan di akhir pengamatan nilai pH menjadi 8. Perubahan nilai pH yang ditunjukkan pada gambar 4.4 dimungkinkan adanya metabolisme yang dilakukan oleh mikroalga *Chlorella* sp. yang dikultivasi dalam limbah cair industri tahu.



Gambar 4.4 Kurva perubahan nilai derajat keasaman (pH) medium kultivasi *Chlorella* sp.

Hari ke-0 merupakan hari awal pemberian isolat *Chlorella* sp. pada limbah cair tahu. Sehingga masih terjadi adaptasi antara sel *Chlorella* sp. dengan medium yang baru yaitu limbah cair tahu. Pada fase pertumbuhan *Chlorella*, keadaan seperti ini termasuk dalam fase lag (fase adaptasi). Menurut Becker (1994) fase

lagi dimulai setelah penambahan inokulan ke dalam media hingga beberapa saat setelahnya. Metabolisme berjalan tetapi pembelahan sel belum terjadi sehingga kepadatan sel belum meningkat karena *Chlorella* sp masih beradaptasi dengan lingkungan barunya.

Peningkatan nilai pH menuju keadaan netral terjadi pada hari ke-2 dan ke-3. Pada nilai pH tersebut merupakan kondisi optimum dalam pertumbuhan sel mikroalga *Chlorella* sp. sehingga mengoptimalkan dalam penyerapan kandungan limbah cair tahu tersebut sebagai nutrisi pertumbuhan bagi *Chlorella* sp.

pH awal 7 merupakan nilai pH yang sangat mendukung dalam pertumbuhan *Chlorella* sp. Pada lingkungan netral, CO<sub>2</sub> berada dalam bentuk bebas di dalam limbah sehingga dapat berdifusi dengan mudah ke dalam sel mikroalga *Chlorella* sp. Hal tersebut menyebabkan CO<sub>2</sub> sebagai sumber karbon utama bagi proses fotosintesis *Chlorella* sp. cukup tersedia, sehingga proses metabolisme dapat berlangsung cepat dan kerapatan sel meningkat (Prihantini, 2005).

Pada hari ke-4 sampai hari ke-8 pH bernilai 8. pH 8 adalah basa yang merupakan kondisi yang kurang baik bagi pertumbuhan *Chlorella* sp. Akan tetapi, *Chlorella* sp. masih dapat tumbuh dalam kondisi basa tersebut. Menurut Mahida (1993) dalam Akhmar (2007), nilai pH yang dibutuhkan makhluk hidup dalam air anatar 6-9. Meskipun pH dalam keadaan basa (8), *Chlorella* sp. mampu dalam menyerap kandungan limbah cair tahu. Limbah cair tahu yang bernilai pH 8 masih dalam kisaran limbah yang tidak berbahaya di lingkungan. Hal ini sesuai dengan

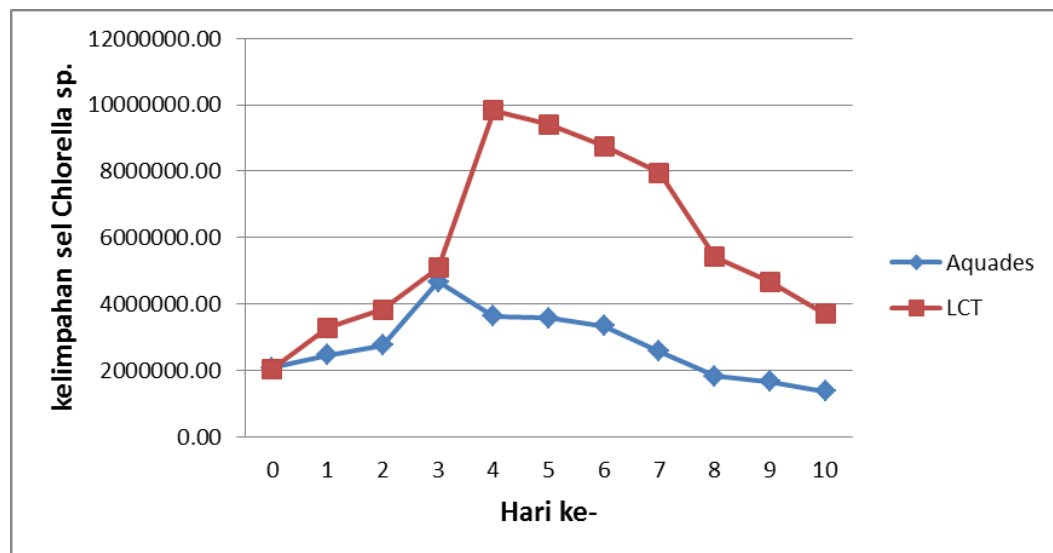
keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (1995), bahwa parameter baku mutu limbah cair tahu kadar maksimum pH antara 6-9.

Secara umum dari pengamatan hari ke-0 sampai ke-8 semua perlakuan mengalami peningkatan pH. Kemungkinan hal tersebut terjadi karena adanya aktivitas fotosintesis yang dilakukan oleh *Chlorella*. Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) merupakan komponen utama dalam proses fotosintesis. Karena menurunnya kadar  $\text{CO}_2$  dalam air limbah, menyebabkan nilai pH meningkat dari keadaan asam menjadi netral.

Pada proses fotosintesis, karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) bebas merupakan jenis karbon anorganik utama yang dibutuhkan mikroalga. Mikroalga juga menggunakan ion karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) dan ion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ). Penyerapan  $\text{CO}_2$  bebas dan bikarbonat oleh mikroalga menyebabkan penurunan konsentrasi  $\text{CO}_2$  terlarut dan mengakibatkan peningkatan nilai pH (Prihantini, 2005).

#### **4.2 Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* sp. pada limbah Cair Tahu**

Hasil pengamatan pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. pada limbah cair tahu dan pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. pada media aquades disajikan dalam gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.5 kurva pertumbuhan *Chlorella* sp.

Berdasarkan gambar 4.5 diatas peningkatan pertumbuhan sel *Chlorella* sp. disebabkan oleh interaksi positif antara *Chlorella* dengan limbah cair tahu. Limbah cair tahu memacu pertumbuhan *Chlorella* sp. dan disisi lain kualitas limbah cair tahu meningkat dengan menurunnya kadar senyawa polutan yang terdapat pada limbah cair tahu.

Perhitungan pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. tersebut dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar mikroalga *Chlorella* sp. dapat memanfaatkan kandungan yang terdapat pada limbah cair tahu. Hasil pengamatan pada media limbah pertumbuhan *Chlorella* sp. mengalami fase eksponensial dimulai pada hari ke-4 dan fase penurunan terjadi pada hari ke-8. Pada fase eksponensial, *Chlorella* sp. mampu menyerap kandungan organik yang terdapat dalam limbah cair tahu secara optimal. Kandungan yang terdapat pada limbah cair tahu merupakan nutrisi yang dibutuhkan oleh *Chlorella* sp. dalam pertumbuhannya. Fase penurunan jumlah sel terjadi karena nutrisi yang dibutuhkan oleh *Chlorella* sp. terbatas.

Berkurangnya nutrisi yang dibutuhkan telah banyak dimanfaatkan pada fase eksponensial. Keterbatasan nutrisi tersebut seiring dengan bertambahnya waktu pengamatan.

Fase eksponensial terjadi karena *Chlorella* sp. mampu menyerap nutrisi pada limbah cair tahu secara optimal. Nutrisi penting yang dibutuhkan oleh *Chlorella* adalah nitrogen. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gunawan (2010) Kepadatan sel mikroalga tertinggi dihasilkan pada taraf konsentrasi nitrogen tertinggi. Nitrogen merupakan bahan penting penyusun asam amino, amida, nukleoprotein, serta esensial untuk pembelahan sel dan pembesaran sel, oleh karena itu nitrogen penting untuk pertumbuhan.

Peningkatan angka kelimpahan *Chlorella* sp. disebabkan oleh faktor lain seperti kandungan ammonia yang tinggi pada media tersebut. Ammonia bersifat racun bagi mikroalga, namun berbeda halnya jika ammonia yang tinggi disertai dengan pH perairan  $< 7$ , maka akan terjadi proses ionisasi ammonia yang pada akhir prosesnya akan menghasilkan ammonium. Ammonium inilah yang merupakan sumber nutrisi bagi mikroalga tersebut. Bentuk senyawa nitrogen yang lebih disukai oleh mikroalga adalah ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), karena proses transportasi dan asimilasi ion ammonium oleh sel mikroalga membutuhkan energi yang lebih sedikit dibandingkan dengan transportasi dan asimilasi ion nitrat ( $\text{NO}_3$ ) (Oh-Hama dan Miyachi (1988) dalam Irianto, 2011).

Limbah cair tahu berasal dari kedelai yang sudah dimasak sehingga protein limbah cair tahu mempunyai nilai biologis yang lebih tinggi. Bahan-bahan organik yang terdapat dalam limbah cair tahu adalah protein (40-60%),

karbohidrat (25-50%) dan lemak (10%). Komponen nutrisi yang lengkap dari limbah cair tahu terutama kandungan proteinnya diharapkan sesuai sebagai sumber nitrogen bagi pertumbuhan mikroorganisme (Rosiana, 2006).

Setelah fase eksponensial akan terjadi fase penurunan laju pertumbuhan. Pada fase ini pembelahan sel tetap terjadi, namun tidak seintensif pada fase eksponensial. Fase penurunan pertumbuhan ditandai dengan menurunnya jumlah sel. Jumlah kepadatan sel *Chlorella* semakin menurun, karena nutrisi yang tersedia dalam limbah cair tahu mulai berkurang. Menurut Manure (2005), bahwa pada awal kultur kandungan nutrisi masih tinggi sehingga dapat dimanfaatkan oleh populasi alga dengan baik yang ditandai dengan peningkatan jumlah sel. Jumlah populasi meningkat namun tidak ada penambahan nutrisi, sedangkan pemanfaatan nutrisi oleh alga terus berlanjut sehingga terjadi persaingan antar alga yang menyebabkan terjadinya penurunan pertumbuhan.

Penurunan pertumbuhan *Chlorella* sp. seiring dengan penurunan senyawa polutan pada limbah cair tahu. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai parameter yang diamati mengalami penurunan pada hari akhir pengamatan.

Kelimpahan sel *Chlorella* sp. yang dikultivasi pada media aquades dapat tumbuh, meskipun tidak sebesar kelimpahan sel *Chlorella* sp. yang dikultivasi pada media limbah cair tahu. Hal tersebut dimungkinkan karena dalam aquades masih terdapat nutrient-nutrien yang diperlukan oleh *Chlorella* dalam pertumbuhannya. Selain itu faktor cahaya dan suhu juga merupakan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan *Chlorella* sp.



Kepadatan sel *Chlorella* sp. dipengaruhi oleh temperature, aerasi, cahaya, pH. Intensitas cahaya memegang peran yang sangat penting karena cahaya dibutuhkan oleh *Chlorella* sp. untuk proses fotosintesis. Energi yang dihasilkan dari proses fotosintesis digunakan untuk biosintesis sel, bergerak atau berpindah, dan reproduksi (Kawaroe, 2010).

Menurut Gunawan (2012) intensitas cahaya sangat diperlukan dalam proses fotosintesis karena hal ini berhubungan dengan jumlah energi yang diterima oleh mikroalga untuk melakukan fotosintesis. Proses fotosintesis menghasilkan glukosa yang nantinya akan digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan perkembangan sel.

### **4.3 Kajian Keislaman Tentang Pelestarian Lingkungan**

#### **4.3.1 Lingkungan dalam Perspektif Islam**

Islam sebagai *Rahmatan lil'alamin* telah mengatur cara berinteraksi terhadap lingkungan. Islam adalah agama yang sangat memperhatikan keseimbangan dan kelestarian lingkungan. Apabila manusia memahami bahwa interaksi yang benar dengan lingkungan bernilai ibadah, maka kerusakan lingkungan tidak akan sebesar saat ini.

Alam semesta merupakan karunia yang paling besar yang diberikan Allah SWT kepada makhlukNya khususnya manusia. Allah SWT memerintahkan kepada manusia untuk menjaga dan melestarikan lingkungan agar tidak terjadi kerusakan, sehingga alam lingkungan tersebut dapat dimanfaatkan oleh manusia dengan sebaik-baiknya.

Lingkungan hidup terdiri dari dua komponen yaitu komponen biotik dan abiotik. Komponen biotik meliputi makhluk hidup seperti manusia, hewan, dan tumbuhan. Komponen abiotik terdiri dari benda-benda mati seperti: air, tanah, udara, cahaya matahari, dan lain sebagainya. Komponen-komponen yang ada di dalam lingkungan hidup merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan dan membentuk suatu sistem kehidupan yang disebut ekosistem. Suatu ekosistem akan menjamin keberlangsungan kehidupan apabila lingkungan itu dalam keadaan yang seimbang (Aninymous, 2012).

Allah SWT berfirman dalam al-Qur'an surat al-Jatsiyah ayat 13:

وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمٰوٰتِ وَمَا فِي الْاَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُۥ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ  
 لَآٰيٰتٍ لِّقَوْمٍ يَّتَفَكَّرُوْنَ ﴿١٣﴾

Artinya:”Dan Dia telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir”.

Berdasarkan ayat di atas, Allah SWT menciptakan alam semesta ini untuk manusia, dengan demikian manusia harus bersyukur atas segala karunia yang diberikan kepadanya termasuk alam semesta dan isinya ini. Tanpa karunia Allah SWT tidak ada kehidupan di muka bumi ini. Rasa syukur tersebut harus diwujudkan salah satunya dengan menjaga dan melestarikan lingkungan hidup (Hariani dan minarno, 2011).

### 4.3.2 Kerusakan Lingkungan dalam Perspektif Islam

Manusia adalah bagian dari lingkungan hidup, oleh karena itu sebagian besar kerusakan yang terjadi di muka bumi ini adalah karena ulah tangan manusia. Di dalam al-Quran surat ar-Rum ayat 41 dijelaskan bahwa alam dunia ini akan rusak disebabkan oleh tangan orang-orang yang munafik. Mereka sangat serakah dalam mengeksploitasi kekayaan alam. Sehingga mereka tidak memperdulikan akibatnya.

Pencemaran air merupakan salah satu kerusakan alam yang terjadi. Pencemaran air yaitu masuknya suatu zat atau komponen yang dapat menurunkan kualitas air. Contoh nyata pencemaran air adalah adanya limbah industri. Limbah merupakan suatu komponen yang apabila dibuang ke badan perairan tanpa pengolahan terlebih dahulu akan menyebabkan pencemaran air, sehingga terjadi ketidak seimbangan ekologi dalam air tersebut.

Allah berfirman dalam al-Quran surat Ar-Rum ayat 41, yang berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ  
الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya: “Telah tampak kerusakan di darat dan dilaut disebabkan perbuatan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”.

Kerusakan lingkungan adalah akibat tangan-tangan manusia yang tidak memperdulikan lingkungan sekitarnya. Kerusakan lingkungan bisa terjadi di darat, laut, maupun udara.

Menurut Al-Ashfahani dalam tafsir Al-Misbah kata *al-fasad* bermakna keluarnya sesuatu dari keseimbangan, baik sedikit maupun banyak. Kata *al-fasad* digunakan untuk menunjukkan bentuk kerusakan. Seperti halnya kerusakan atau pencemaran di perairan yang disebabkan oleh limbah cair industri tahu yang dapat menurunkan kualitas air tersebut.

### 4.3.3 Perbaikan Lingkungan dalam Perspektif Islam

Allah SWT menciptakan manusia sebagai khalifah di bumi. Sebagai khalifah manusia mempunyai tugas untuk memelihara, memanfaatkan dan menjaga kelestarian lingkungan. Pada uraian di atas di sebutkan bahwa kerusakan lingkungan disebabkan oleh perbuatan manusia. Akan tetapi manusia juga mempunyai tanggung jawab atas kerusakan yang terjadi.

Sebagai mahasiswa Biologi, mempunyai tanggung jawab yang besar dalam menjaga kelestarian lingkungan. Salah satu upaya yang dilakukan adalah memanfaatkan sesuatu yang sudah ada di alam ini. Dalam al-Quran surat al-Imran ayat 191 juga sudah dijelaskan bahwa Allah SWT menciptakan segala sesuatunya tidak sia-sia.

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا 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.”*

Mikroalga *Chlorella* sp. yang disebut juga dengan ganggang hijau memiliki manfaat untuk mengurangi tingkat pencemaran dalam air. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah menunjukkan bahwa adanya *Chlorella* dapat menurunkan senyawa polutan yang terkandung dalam limbah cair tahu, sehingga dapat mengurangi tingkat pencemaran.

Ganggang merupakan tumbuhan tingkat rendah yang termasuk dalam kelas alga. *Chlorella* merupakan jenis alga yang memiliki klorofil, sehingga dapat berfotosintesis (Romimohtarto, 2004). Kemampuan berfotosintesis *Chlorella* sp. tersebut, mengakibatkan *Chlorella* dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup lain. Selaras dengan hal tersebut, Allah SWT berfirman dalam surat al-An'am ayat 99:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا  
 مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِن طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ  
 وَجَنَّاتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ أَنْظُرُوا  
 إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Artinya : “Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.”

Al-Qur'an menganjurkan untuk memelihara dan melestarikan lingkungan dijelaskan dalam surat al-A'raf: 56.

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Artinya: “Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (Tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik”.

Menurut Salman Al-Farisi dalam tafsir Ibnu Kasir kata *la tufsidu* berarti “janganlah kamu membuat kerusakan”, ditujukan pada orang-orang munafik. Ibnu Jarir mengatakan, orang munafik adalah mereka yang melakukan kerusakan di muka bumi karena perbuatan maksiat mereka terhadap Tuhannya dan pelanggaran-pelanggaran yang mereka kerjakan terhadap hal-hal yang dilarang oleh Allah SWT. Mereka pun menyia-nyiakan hal-hal yang difardukan Allah SWT, mereka ragu terhadap agama Allah SWT. Selain itu mereka berdusta terhadap kaum mukminin melalui pengakuan mereka yang menyatakan bahwa dirinya adalah beriman, padahal di dalam batin mereka dipenuhi oleh keraguan dan kebimbangan.

#### 4.3.3.1 Peran Air dalam Kehidupan

Secara umum penelitian ini membahas tentang pencemaran lingkungan khususnya air. Air merupakan komponen lingkungan yang memiliki peran besar dalam kehidupan semua makhluk hidup (manusia, hewan, dan tumbuhan). Bahkan

70% dari tubuh manusia terdiri dari air, sehingga sangat jelas bahwa air sangat berpengaruh dalam kehidupan. Seperti yang disebutkan dalam firman Allah SWT surat al-Anbiya' ayat 30:

أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا  
وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ ﴿٣٠﴾

Artinya: “Dan apakah orang-orang yang kafir tidak mengetahui bahwasanya langit dan bumi itu keduanya dahulu adalah suatu yang padu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya. Dan dari air Kami jadikan segala sesuatu yang hidup. Maka mengapakah mereka tiada juga beriman”.

Kegunaan air memang sangat besar, tanpa air kehidupan ini mungkin tidak akan berlangsung dengan baik. Air tidak selamanya menjadi sahabat makhluk hidup. Ketika air yang tercemar oleh limbah industri, maka air bisa menjadi sangat berbahaya. Air yang sudah tercemar, akan mengganggu kebutuhan makhluk hidup, tidak hanya kebutuhan jasmani saja, akan tetapi kebutuhan rohanipun akan terganggu. Umat muslim membutuhkan air untuk bersuci guna melakukan ibadah. Apabila air tercemar, maka air tersebut tidak termasuk dalam air yang suci dan mensucikan, sehingga aktivitas ibadah seorang muslim akan terganggu.

Untuk memperkuat uraian-uraian di atas, terdapat hadist yang diriwayatkan oleh al-Bukhari yang berbunyi:

لَا يَبُولَنَّ أَحَدُكُمْ فِي الْمَاءِ الدَّائِمِ الَّذِي لَا يَجْرِي ثُمَّ يَغْتَسِلُ فِيهِ

Artinya: “Janganlah salah seorang dari kalian kencing di air yang diam yang tidak mengalir, kemudian mandi di sana” (HR. al-Bukhari).

Pencemaran air di zaman sekarang ini tidak hanya terbatas pada kencing, buang air besar, atau pun hajat manusia yang lain. Bahkan banyak ancaman pencemaran lain yang jauh lebih berbahaya dan berpengaruh dari semua itu, yakni pencemaran limbah industri, zat kimia, zat beracun yang mematikan.

Hikmah dalam penelitian ini adalah pemanfaatan mikroalga *Chlorella* sp. dalam mengurangi pencemaran limbah cair tahu. Selain itu, dan tidak kalah pentingnya yaitu mengetahui kebesaran Allah SWT atas segala sesuatu yang sudah diciptakan. Sehingga kita dapat meningkatkan keimanan dan ketaqwaan kepada Allah SWT.

