



---

**PENYISIHAN KADAR COD DAN NITRAT MELALUI KULTIVASI *Chlorella* sp.  
DENGAN VARIASI KONSENTRASI LIMBAH CAIR TAHU**

**Mustika Aulia<sup>\*)</sup>, Titik Istirokhatun<sup>\*\*)</sup>, Sudarno<sup>\*\*)</sup>**

Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
JL. Prof. H. Soedarto, S.H Tembalang, Semarang, Indonesia 50275  
email: [mustika.mumu@gmail.com](mailto:mustika.mumu@gmail.com)

**Abstrak**

*Limbah cair tahu merupakan salah satu jenis pencemar yang dapat mencemari lingkungan. Kandungan bahan organiknya yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan apabila langsung dibuang ke badan air. Produsen tahu masih didominasi oleh industri skala kecil, sehingga diperlukan pengolahan yang murah, mudah dan praktis penerapannya untuk mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi *Chlorella* sp. dalam menyisihkan kadar COD dan nitrat yang terkandung didalam limbah cair tahu dengan konsentrasi 0, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 75 dan 100%. Parameter yang diamati adalah kelimpahan sel, laju pertumbuhan sel, nilai COD dan nitrat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan sel tertinggi teramati pada perlakuan konsentrasi 30% dengan nilai rata-rata 9.850.000 sel/mL. Sedangkan penyisihan kadar COD dan nitrat juga terlihat pada konsentrasi 30% sebesar 71,54% dan 30,03%.*

**Kata kunci:** *Chlorella* sp., Limbah Cair Tahu, COD, Nitrat

**Abstract**

**[The Elimination of COD and Nitrate Level by Cultivating *Chlorella* Sp. with Variation of Tofu Liquid Waste Concentration].** *Tofu liquid waste is one type of contaminants that can pollute the environment. Organic matter content that very high in tofu liquid waste can lead to environmental degradation if directly discharged into water bodies. The manufacturers of tofu is still dominated by small-scale industry, so it requires treatment is cheap, easy and practical application to resolve the issue. This study aims to assess the potential of *Chlorella* sp. in reducing the levels of COD and nitrates contained in tofu liquid waste with concentrations of 0, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 75, dan 100%. The parameters measured were the abundance of cells, cell growth rate, COD and nitrate. The results showed that the highest cell growth was observed in the treatment concentration of 30% with an average value of 9.850.000 cells/mL. While the allowance for COD and nitrate levels were also seen at a concentration of 30% amounting to 71.54% and 30.03%.*

**Keywords:** *Chlorella* sp., Tofu Liquid Waste, COD, Nitrate

## PENDAHULUAN

Tahu merupakan salah satu produk olahan kedelai yang telah lama dikenal dan banyak digemari karena harganya yang murah dan mudah didapat. Selain itu, industri tahu juga ikut berperan dalam meningkatkan nilai gizi masyarakat karena terbuat dari protein nabati (Fatha, 2007). Senyawa-senyawa berupa protein dan karbohidrat memiliki jumlah yang paling banyak, yaitu sekitar 40-60% dan 25-50%, sedangkan lemak hanya 10% (Sugiharto, 1987).

Industri tahu di Indonesia semakin berkembang dengan meningkatnya kebutuhan gizi masyarakat. Industri tahu saat ini telah menjadi salah satu industri rumah tangga yang tersebar luas, baik di kota-kota besar maupun kecil. Dalam proses produksinya, industri tahu menghasilkan limbah padat dan cair (Rossiana, 2006).

Limbah padat berupa ampas tahu, umumnya telah dapat ditanggulangi dengan memanfaatkannya sebagai bahan pembuatan oncom dan bahan makanan ternak. Limbah cairnya adalah *whey* tahu yang merupakan cairan buangan (Rossiana, 2006).

Sebagian besar industri tahu mengalirkan langsung limbah cairnya ke saluran-saluran pembuangan, sungai ataupun badan air penerima lainnya tanpa diolah terlebih dahulu. Hal ini seringkali menjadi masalah bagi lingkungan sekitarnya karena dapat menyebabkan pencemaran. Jumlah limbah cair tahu yang melimpah jika tidak ditangani secara tepat, maka dikhawatirkan akan menyebabkan terganggunya kualitas lingkungan perairan di sekitar industri tahu (Rossiana, 2006).

Vegetasi tingkat rendah terutama kelompok mikroalga lebih dominan diangkat sebagai agen pengolahan limbah mineral di lingkungan perairan. Pemilihan mikroalga ini adalah karena mikroalga dapat memanfaatkan mineral yang terlarut di dalam air untuk pertumbuhan dan perkembangannya, serta mikroalga dapat hidup di kolom air mulai dari permukaan hingga ke batas daya tembus cahaya di badan air tersebut (Mulyadi, 1999).

Salah satu upaya yang bisa dilakukan untuk memanfaatkan limbah cair tahu adalah dengan menggunakan limbah tersebut sebagai media pertumbuhan mikroalga. Mikroalga

yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah salah satunya adalah *Chlorella* sp. *Chlorella* sp layak untuk dibudidayakan karena sifatnya yang mudah dan cepat berkembangbiak (Darsono, 2007).

Pertumbuhan *Chlorella* sp sangat ditentukan oleh ketersediaan nutrisi dan kondisi lingkungan (Sylvester *et al.*, 2002). Media pertumbuhan *Chlorella* sp. bukan merupakan lahan yang berair khusus, namun cukup dengan air yang mengandung nitrogen dan kaya akan zat organik. Berdasarkan karakteristik tersebut, limbah cair tahu merupakan salah satu bahan yang memungkinkan untuk digunakan sebagai media tumbuh *Chlorella* sp. (Sidabutar, 1999).

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah *Chlorella* sp. dari stok kultur bibit BBPBAP Jepara, limbah cair tahu dari Industri Rumah Tangga daerah pemukiman Tandang, akuades, digestion solution ( $K_2CrO_4$ ) merek Merck & Co., Inc (New York) produksi China, larutan pereaksi  $H_2SO_4$  merek Mallinckrodt Pharmaceuticals (England), dan HCl merek Merck & Co., Inc (New York).

### Alat

Alat yang digunakan antara lain rak kultur untuk menampung toples-toples kultur yang berisi campuran strain mikroalga dengan limbah cair tahu, aerator untuk mengalirkan udara ke dalam kultur mikroalga, lampu TL sebagai substitusi cahaya matahari dalam menerangi kultur mikroalga, spektrofotometer untuk analisa COD dan nitrat, pipet untuk memindahkan larutan atau cairan sampel ke dalam wadah sesuai volume yang dikehendaki, bulp merah untuk menghisap larutan, gelas ukur untuk mengukur volume limbah cair tahu, mikroalga dan akuades, kertas saring untuk menyaring/ menyisahkan padatan-padatan yang tidak diinginkan didalam limbah cair tahu, labu ukur untuk membuat atau mengencerkan larutan dengan ketelitian yang tinggi, mikroskop cahaya mengamati sel-sel mikroalga, hand counter sebagai alat bantu menghitung jumlah sel-sel mikroalga, cover glass untuk menutupi bilik hemositometer saat menghitung jumlah sel

*Chlorella*, haemocytometer untuk memudahkan menghitung sel-sel mikroalga, dan lemari UV untuk sterilisasi alat dan bahan yang digunakan.

**Prosedur Penelitian**

**a. Sterilisasi Alat dan Bahan**

Sterilisasi alat dilakukan dengan cara mencuci alat dengan sabun dan dibilas dengan air keran yang mengalir sampai bersih, kemudian disemprot dengan alkohol 96% dan di-UV di lemari UV.

**b. Persiapan Limbah sebagai Media Kultivasi *Chlorella* sp.**

Air limbah yang digunakan sebagai medium *Chlorella* sp. dalam penelitian ini berasal dari industri tahu daerah Tandang, Semarang.

**c. Perlakuan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan 9 perlakuan (0, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 75, dan 100%) dan setiap perlakuan terdiri dari dua kali ulangan (duplo). Untuk mengetahui kepadatan populasi sel, laju pertumbuhan sel, nilai COD dan nitrat dari setiap perlakuan dilakukan pengamatan satu kali dan sehari.

**d. Perhitungan Kepadatan Sel**

Perhitungan kepadatan sel *Chlorella* sp. dilakukan dengan *Haemocytometer Neubauer Improved* (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). *Haemocytometer* yang digunakan adalah *Haemocytometer Neubauer Improved* produksi China.

**e. COD dan Nitrat**

Perhitungan COD dan nitrat dilakukan dengan kurva kalibrasi menggunakan spektrofotometer.

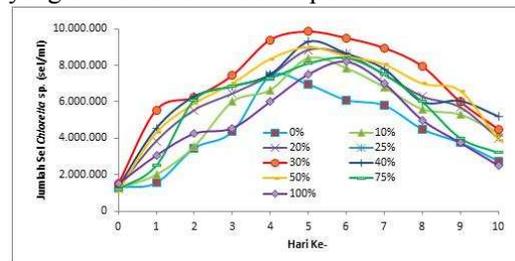
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Kepadatan Sel Mikroalga**

Pengukuran kepadatan sel dilakukan setiap hari selama 10 hari berturut-turut untuk dapat menentukan setiap fase pertumbuhan mikroalga. Fase lag pada penelitian ini sangat singkat, yaitu kurang dari 24 jam (pengamatan pada hari ke-1). Hal ini terlihat dari kepadatan sel *Chlorella* sp. yang sudah mengalami peningkatan. Pada fase ini *Chlorella* sp. sudah dapat beradaptasi dengan baik pada lingkungan yang baru kemudian terjadi

pembelahan sel oleh mikroalga. Kemampuan mikroalga beradaptasi dipengaruhi oleh senyawa atau bahan organik dan anorganik dalam media yang akan menjadi sumber nutrisi dan dapat juga menjadi nutrisi pembatas bagi pertumbuhan *Chlorella* sp., jika salah satu nutrisi tidak tersedia dalam limbah atau jumlahnya terlalu besar maka proses reduksi senyawa organik dan pertumbuhan mikroalga akan terhambat.

Menurut Prihantini (2005), 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.



**Gambar 1. Kurva Kelimpahan Sel**

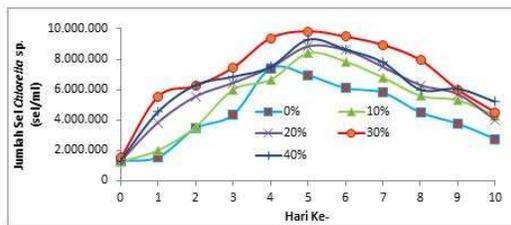
Fase eksponensial (*log phase*) diawali dengan pembelahan sel dan ditandai dengan naiknya laju pertumbuhan sehingga kepadatan populasi meningkat (Kawaroe, 2010). Pada penelitian ini, waktu dan kepadatan sel fase eksponensial dari berbagai konsentrasi berbeda-beda. Fase eksponensial terendah terjadi pada konsentrasi 0% dengan jumlah rata-rata kepadatan sel 7.400.000 sel/ml pada hari ke-4. Konsentrasi 0% (tanpa limbah) memiliki kadar nutrisi rendah karena sumber nutrisi didalam aquades tidak sebanyak sumber nutrisi yang terkandung didalam limbah cair tahu, sehingga menyebabkan pertumbuhan *Chlorella* sp. terhambat. Selain itu, faktor suhu, cahaya, aerasi dan pH yang diberikan selama proses kultur juga menjadi penunjang untuk membantu mikroalga melakukan pertumbuhan.

**Tabel 1. Kelimpahan Sel *Chlorella* sp**

Hari Ke-	Kelimpahan Sel/ml				
	Konsentrasi (%)				
	0	10	20	30	40
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

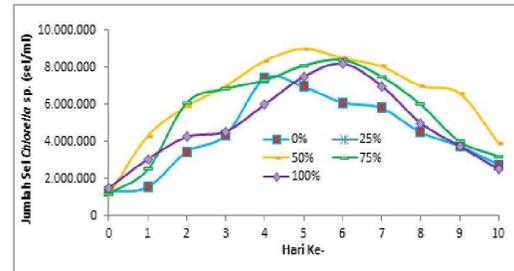
0	1300000	1250000	1300000	1500000	1350000
1	1550000	2000000	3850000	5550000	4550000
2	3450000	3550000	5550000	6250000	6300000
3	4350000	6000000	6450000	7450000	6850000
4	7400000	6650000	7450000	9400000	7500000
5	6950000	8400000	8850000	9850000	9300000
Hari Ke-	<b>Kelimpahan Sel/ml</b>				
	<b>Konsentrasi (%)</b>				
	0	10	20	30	40
6	6100000	7850000	8600000	9500000	8650000
7	5800000	6800000	7500000	8950000	7800000
8	4500000	5600000	6300000	7950000	6000000
9	3750000	5300000	5700000	6000000	6050000
10	2750000	4300000	4000000	4500000	5200000

Fase eksponensial tertinggi terjadi pada konsentrasi 30% dengan kepadatan sel rata-rata 9.850.000 sel/ml pada hari ke-5. Hal ini dikarenakan limbah cair tahu mengandung mineral-mineral anorganik dalam bentuk ion yang lebih mudah diserap dan dimanfaatkan oleh sel *Chlorella* sp. untuk pertumbuhannya. Jumlah nutrisi yang ada didalam limbah cair tahu sebanding dengan jumlah mikroalga yang memanfaatkan nutrisi tersebut.



**Gambar 2. Kelimpahan Sel Kultur Konsentrasi 0%-40%**

Fase stasioner dalam penelitian belum bisa teramati dengan seksama dikarenakan perhitungan pertumbuhan kepadatan sel mikroalga dilakukan selama 24 jam sekali. Jarak fase penurunan dan fase stasioner umumnya relatif singkat, sehingga dibutuhkan perhitungan dengan intensitas yang lebih dari sekali dalam 24 jam sesuai dengan kebutuhan peneliti.



**Gambar 2. Kurva Kelimpahan Sel Konsentrasi 0%, 25%, 50%, 70% dan 100%**

Fase berikutnya adalah fase penurunan pertumbuhan yang ditandai dengan menurunnya jumlah kepadatan sel. Penurunan kepadatan sel *Chlorella* sp. pada masing-masing konsentrasi berbeda-beda. Pada konsentrasi 0% mengalami penurunan jumlah sel pada hari ke-5. Konsentrasi 10%, 20%, 25%, 30%, 40% dan 50% pada hari ke-7, sedangkan konsentrasi 75% dan 100% pada hari ke-8. Kepadatan sel mulai menurun dikarenakan nutrisi yang ada pada limbah tersebut sudah mulai berkurang seiring dengan waktu kultur dan laju kematian lebih tinggi dari laju pertumbuhan (fase kematian).

Fase selanjutnya adalah fase kematian sel. Fase kematian pada perlakuan 0% terjadi pada hari ke-6 dengan rata-rata 6.100.000 sel/ml menurun sampai hari ke-10 sebesar 2.750.000 sel/ml. Kematian sel pada perlakuan 10% sampai 50% terjadi pada hari ke 9, sedangkan perlakuan 75% dan 100% terjadi pada hari ke-10.

## 2. Laju Pertumbuhan Mikroalga

Menurut Krichnavaruk *et al* (2004), untuk menganalisa laju pertumbuhan mikroalga ( $\mu$ ) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{T_t - T_0}$$

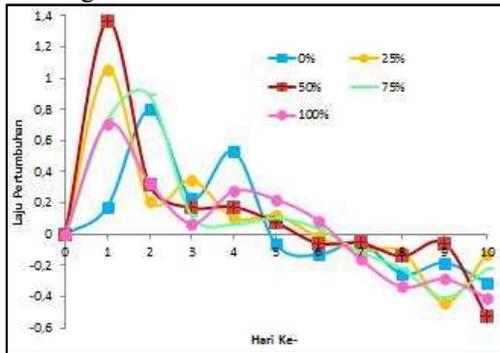
dimana:

- $\mu$  = laju pertumbuhan mikroalga
- $N_t$  = kepadatan sel pada hari ke-t (sel/ml)
- $N_0$  = kepadatan sel pada hari ke-0 (sel/ml)
- $T_t$  = waktu awal
- $T_0$  = waktu pengamatan

**Tabel 2. Laju Pertumbuhan Sel *Chlorella***

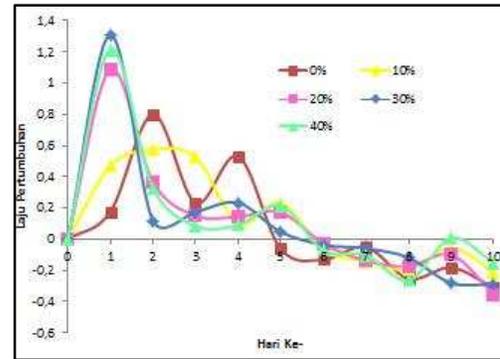
Hari Ke-	Laju Pertumbuhan Sel								
	Konsentrasi (%)								
	0	10	20	25	30	40	50	75	100
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,176	0,470	1,086	1,035	1,308	1,215	1,363	0,734	0,710
2	0,800	0,574	0,366	0,212	0,119	0,325	0,316	0,892	0,332
3	0,232	0,325	0,150	0,349	0,176	0,084	0,171	0,116	0,068
4	0,531	0,103	0,144	0,103	0,232	0,091	0,176	0,064	0,277
5	-0,063	0,234	0,172	0,120	0,047	0,215	0,075	0,104	0,223
6	-0,130	-0,068	-0,029	-0,016	-0,036	-0,072	-0,057	0,036	0,089
7	-0,050	-0,144	-0,137	-0,104	-0,060	-0,103	-0,054	-0,113	-0,158
8	-0,254	-0,194	-0,174	-0,110	-0,118	-0,262	-0,140	-0,223	-0,336
9	-0,182	-0,055	-0,100	-0,438	-0,281	0,008	-0,059	-0,405	-0,288
10	-0,310	-0,209	-0,354	-0,128	-0,288	-0,151	-0,526	-0,223	-0,405

Analisa laju pertumbuhan yang diperoleh dari penelitian didasarkan pada hasil perhitungan kepadatan sel mikroalga, untuk dapat menentukan berapa waktu yang diperlukan mikroalga dalam sekali pembelahan sel. Kepadatan sel dan juga laju pertumbuhan mikroalga dihitung setiap hari selama masa kultivasi sehingga dapat menggambarkan setiap fase-fase pertumbuhan mikroalga.



**Gambar 3. Kurva Laju Pertumbuhan pada Konsentrasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%**

Pada hari pertama, laju pertumbuhan tertinggi terjadi pada konsentrasi 50% dengan nilai 1,363 sedangkan laju pertumbuhan terendah pada konsentrasi 0% (tanpa limbah cair tahu), yaitu 0,176. Pada konsentrasi 50% mengalami laju pertumbuhan yang sangat pesat dikarenakan adanya keseimbangan antara jumlah mikroorganisme *Chlorella* sp. dengan nutrisi yang tersedia dalam media kultur, serta didukung oleh kondisi lingkungan yang menunjang kelangsungan hidup mikroalga.



**Gambar 4. Kurva Laju Pertumbuhan Konsentrasi 0%-40%**

Pada konsentrasi 0%, jumlah nutrisi yang terkandung didalam aquades lebih sedikit jika dibandingkan dengan nutrisi yang terkandung didalam limbah cair tahu, sehingga kebutuhan nutrisi untuk mikroalga tidak dapat terpenuhi secara maksimal yang menyebabkan laju pertumbuhan menjadi terhambat. Saat masa pertumbuhan, laju pertumbuhan mikroalga akan meningkat sampai titik tertentu dan akan berkurang setelahnya. Hal ini dikarenakan pada hari pertama penelitian masih menyimpan asupan nutrisi yang banyak dimana dari ke hari jumlah nutrisi tersebut akan menurun karena kebutuhan konsumsi nutrisi untuk mikroalga yang terus meningkat. Laju pertumbuhan menggambarkan kecepatan pertumbuhan sel-sel mikroalga persatuan waktu yang dapat dipakai sebagai tolak ukur untuk mengetahui daya dukung medium atau nutrisi terhadap pertumbuhan dan pembelahan sel mikroalga (Wulandari, 2011).

### 3. Hubungan Kepadatan Sel dan Laju Pertumbuhan dengan Fase Hidup Mikroalga

Mikroalga melewati fase-fase pertumbuhan yang penting semasa hidupnya, yaitu fase lag, fase eksponensial, fase penurunan laju pertumbuhan, fase stasioner dan fase kematian (Fogg, 1975). Pada fase lag, mikroalga melakukan adaptasi terhadap lingkungannya sesaat setelah ditanamkan ke dalam medium kultur baru. Meskipun mengalami metabolisme, pertumbuhan pada fase ini belum terlihat nyata yang ditandai dengan kepadatan sel yang masih rendah yang sebanding dengan laju pertumbuhan sel yang juga rendah (Prihantini, 2005).

Seiring berjalannya waktu kultivasi, semakin banyak pula pembelahan sel yang terjadi dan mikroalga tumbuh mencapai fase berikutnya, yaitu eksponensial. Pada fase ini, pembelahan sel yang melimpah mengakibatkan kepadatan sel bertambah dan laju pertumbuhan juga akan meningkat secara signifikan (Kawaroe, 2010). Dari hal tersebut menunjukkan bahwa mikroalga memanfaatkan nutrisi-nutrien yang ada dalam medium dengan sangat baik, sehingga kepadatan dan laju pertumbuhan pada fase ini dapat mencapai nilai yang maksimal dan digambarkan dalam grafik/kurva.

Nitrogen dan fosfor merupakan sumber nutrisi yang banyak dimanfaatkan oleh mikroalga di fase eksponensial, sehingga terjadi penurunan sumber nutrisi didalam medium yang menyebabkan mikroalga masuk ke fase berikutnya, yaitu fase penurunan laju pertumbuhan dikarenakan jumlah nutrisi yang tersedia tidak lagi dapat memenuhi kebutuhan konsumsi nutrisi mikroalga. Fase penurunan pertumbuhan ditandai dengan menurunnya nilai kepadatan dan laju pertumbuhan sel. Selanjutnya mikroalga memasuki fase stasioner, dimana pada fase ini jumlah mikroalga yang hidup dan mati kurang lebih hampir sama jumlahnya sehingga data kepadatan dan laju pertumbuhan sel yang diperoleh pun cenderung statis atau relatif tetap yang jika diplot ke grafik akan membentuk garis horizontal.

Namun, yang sangat disayangkan pada penelitian ini adalah tidak teramatinya fase stasioner dikarenakan perhitungan jumlah sel mikroalga hanya dilakukan sekali dalam sehari. Jarak fase penurunan pertumbuhan dan fase stasioner sangat singkat (bisa kurang dari 24 jam), sehingga disarankan untuk melakukan perhitungan sel mikroalga lebih dari sekali dalam rentang waktu 24 jam.

Fase terakhir yang dialami mikroalga adalah fase kematian. Dimana pada fase ini jumlah nutrisi di dalam medium sudah sangat terbatas jumlahnya yang mengakibatkan banyak mikroalga yang mati karena tidak memperoleh sumber nutrisi yang dibutuhkan. Dikarenakan tidak lagi terjadi pembelahan sel, maka laju kematian akan lebih tinggi dibandingkan laju pertumbuhan. Selain sumber nutrisi yang tidak mencukupi, pada

fase ini kondisi lingkungan juga sudah tidak menunjang kehidupan mikroalga lagi.

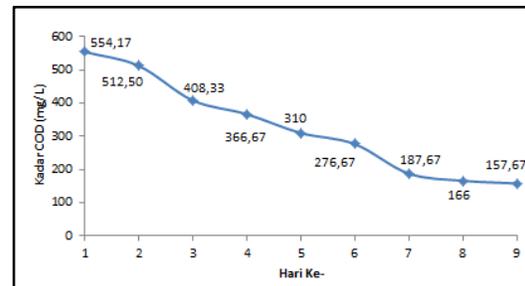
#### 4. Penyisihan COD

Nilai COD tertinggi adalah pada perlakuan konsentrasi 100% sebesar 2876,67 mg/L dan kandungan terendah pada konsentrasi 0%, yaitu 121 mg/L.

**Tabel 3. Efisiensi Removal COD (%)**

Konsentrasi (%)	COD		Efisiensi Removal (%)
	Awal	Akhir	
0	321	121	62,305
10	377,667	121	67,961
20	442,667	176	60,241
25	511	207,667	59,361
30	554,167	157,667	71,549
40	1658,333	1243,333	25,025
50	2158,333	1443,333	33,127
75	3325	2743,333	17,494
100	3970,833	2876,667	27,555

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa efisiensi removal yang paling efektif dilakukan oleh mikroalga pada perlakuan dengan konsentrasi 30% sebesar 71,549%. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi ini komposisi antara mikroalga dan nutrisi ideal.



**Gambar 5. Kurva Penyisihan COD pada Konsentrasi 30%**

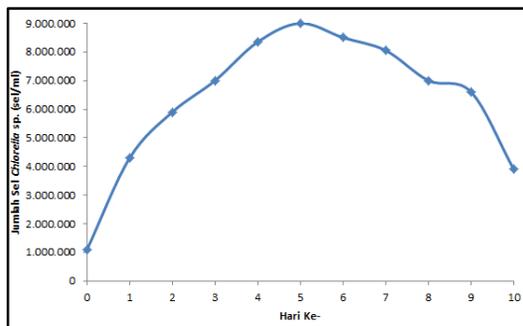
Untuk kadar COD, semakin tinggi kadar nitrogen didalam limbah cair tahu maka reduksi nilai COD semakin besar. Peningkatan kadar nitrogen ini akan membuat mikroalga tumbuh lebih baik dilihat dari semakin pesatnya pertumbuhan sel *Chlorellavulgaris*. Hal ini akan mendorong peningkatan kemampuan reduksi COD dari mikroalga.

Selain itu, apabila kadar CO<sub>2</sub> meningkat, maka reduksi nilai COD semakin kecil. Ini dikarenakan penambahan CO<sub>2</sub> akan menghambat pertumbuhan dan kemampuan mereduksi COD pun menurun.

### 5. Waktu Pemanenan yang Efektif dari Segi Biomassa dan Penyisihan COD

Komponen utama biomassa adalah karbohidrat (berat kering ± 75%) dan lignin (±25%) dimana pada beberapa tanaman komposisinya bisa berbeda-beda.

Untuk memperoleh biomassa yang melimpah, maka pemanenan dapat dilakukan ketika kelimpahan sel berada pada jumlah yang besar, yaitu pada fase eksponensial. Misalnya pada perlakuan dengan konsentrasi 50%, kelimpahan sel paling tinggi teramati pada hari ke-5 sebesar 9.000.000 sel/mL.



**Gambar 6. Kurva Kelimpahan Sel pada Konsentrasi 50%**

Pemanenan dapat dilakukan pada hari ketujuh ini, namun perlu diperhatikan bahwa nilai COD pada hari ke-7 ini masih 1576 mg/L. Artinya, COD masih belum memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu dan Tempe sebesar 275 mg/L.

Hal pertama yang harus dilakukan adalah dengan memanen mikroalga pada hari ke-7. Selanjutnya, untuk menurunkan nilai COD-nya yang masih tinggi yaitu dengan cara mengkultivasi kembali mikroalga yang dipanen kedalam medium limbah cair tahu. Karena pemanenan diambil pada saat pertengahan masa kultivasi, yaitu fase eksponensial dan COD sudah turun ± 50% dari COD awal, sehingga kultivasi selanjutnya hanya memerlukan waktu setengah masa

kultivasi saja, yaitu berkisar 5-7 hari. Dengan teknik seperti ini akan memberikan keuntungan, baik dari segi penyisihan COD maupun banyaknya biomassa yang bisa dipanen.

### 6. Hubungan antara Penurunan Kadar COD dengan Fase Pertumbuhan Chlorella sp

Kadar bahan organik yang terkandung dalam limbah cair dapat diukur dari nilai COD. Nilai COD akan meningkat sejalan dengan meningkatnya bahan organik di perairan. COD merupakan indikator pencemaran di badan air. Nilai COD menunjukkan keberadaan zat-zat organik yang secara ilmiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis sehingga mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di perairan. COD juga menggambarkan banyaknya zat organik yang tidak mengalami penguraian dalam air. Nilai COD yang semakin rendah menunjukkan bahwa kandungan bahan organik dalam air tersebut semakin sedikit, dan hal ini juga menunjukkan bahwa tingkat pencemaran diperairan rendah.

**Tabel 4. Penyisihan COD**

Hari Ke-	Kadar COD (mg/L)									
	Variasi Konsentrasi (%)									
	0	10	20	25	30	40	50	75	100	
	4941,67	4941,67	4941,67	4941,67	4941,67	4941,67	4941,67	4941,67	4941,67	4941,67
1	321	377,67	442,67	511	554,17	1658,33	2158,33	3325	3970,83	
2	291	346	389,33	476	512,50	1533,33	1950	3241,67	3887,50	
3	236	317,67	359,33	441	408,33	1470,83	1950	3220,83	3658,33	
4	207,67	297,67	324,33	389,33	366,67	1470,83	1700	3179,17	3595,83	
5	122,67	244,33	292,67	352,67	310	1443,33	1643,33	3143,33	3110	
6	121	236	287,67	346	276,67	1376,67	1593,33	3076,67	3043,33	
7	-	152,67	204,33	234,33	187,67	1343,33	1576,67	2943,33	3026,67	
8	-	129,33	182,67	214,33	166	1326,67	1510	2860	2976,67	
9	-	121	176	207,67	157,67	1243,33	1443,33	2810	2943,33	
10	-	-	-	-	-	-	-	2743,33	2876,67	

Fase lag pada penelitian ini berlangsung kurang dari 24 jam ditunjukkan dari kepadatan sel yang terus mengalami kenaikan dan kadar COD terukur (pada konsentrasi 30%) adalah 554,17 mg/L. Fase pertumbuhan selanjutnya yang dialami oleh sel mikroalga adalah fase eksponensial. Pada konsentrasi 30%, fase eksponensial terjadi pada hari kelima penelitian karena jumlah sel tertinggi teramati pada hari tersebut. Kadar COD pada hari kelima sebesar 310 mg/L. Jika dibandingkan dengan hari pertama, teramati bahwa kadar COD mengalami penurunan

sebanyak 244,17 mg/L. Penurunan nilai COD terjadi karena adanya kegiatan mikroalga mengkonsumsi zat-zat organik didalam limbah cair tahu sehingga jumlahnya semakin berkurang. Fase penurunan laju pertumbuhan pada konsentrasi 30% terjadi pada hari ketujuh dengan kadar COD 187, 67 mg/L. Dan fase yang terakhir adalah fase kematian. Fase kematian sel mikroalga teramati pada hari kesembilan ditandakan dengan lebih banyak sel mikroalga yang mati dibandingkan dengan sel yang masih hidup. Hal itu terlihat dari kurva laju pertumbuhan yang menunjukkan nilai negatif atau di bawah sumbu X.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa fase pertumbuhan sel dilihat dari kepadatan sel berbanding terbalik dengan kandungan COD yang ada di dalam limbah cair tahu. Semakin besar atau semakin banyak jumlah mikroalga yang tumbuh dengan cara membelah diri, maka kandungan COD yang turun pun semakin banyak. Hal ini dikarenakan sel-sel mikroalga tumbuh dengan memanfaatkan zat-zat organik sebagai nutrisi untuk pertumbuhannya.

#### 7. Penyisihan Nitrat

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 berfungsi sebagai sumber nitrogen mikroalga dalam pertumbuhannya. Mikroalga dapat mengurangi senyawa nitrogen sebesar 90% pada limbah cair domestik atau rumah tangga.

**Tabel 5. Efisiensi Removal Nitrat (%)**

Konsentrasi (%)	Pengenceran	Absorbansi 275 nm (A)		Efisiensi Removal (%)
		Awal (H1)	Akhir (H10)	
0	25	26,104	22,350	14,38
10	25	36,484	27,650	24,21
20	25	41,564	29,417	29,22
25	25	50,398	38,472	23,66
30	25	59,452	41,564	30,09
40	25	63,207	53,048	16,07
50	25	66,519	57,465	13,61

75	25	81,758	75,574	7,56
100	25	118,640	112,235	5,40

Konsentrasi yang paling efektif untuk menyisihkan nitrat adalah konsentrasi 30% sebesar 30,09%. karena proses fotosintesis pada konsentrasi nitrat tersebut tidak terganggu sehingga proses penguraian CO<sub>2</sub> menjadi ion (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Sedangkan kemampuan penyisihan terendah pada konsentrasi 100% sebesar 5,40. Hal ini dikarenakan proses fotosintesis yang terhambat sebagai dampak dari terganggunya pembentukan klorofil karena kurangnya cahaya yang masuk kedalam sampel diakibatkan keruhnya sampel pada konsentrasi 100% dikarenakan tidak terdapatnya aquades sebagai pengencer limbah cair tahu. Semakin tinggi tingkat kenaikan jumlah sel mikroalga juga mempengaruhi kemampuan air dalam melarutkan CO<sub>2</sub>, semakin jenuh medium, semakin sulit CO<sub>2</sub> terlarut dalam air.

#### KESIMPULAN

1. Pertumbuhan sel tertinggi adalah pada perlakuan konsentrasi 30% sebesar 9.850.000 sel/mL sedangkan pertumbuhan sel terendah pada perlakuan dengan konsentrasi 0%, yaitu 7.400.000 sel/mL.
2. Efisiensi removal COD yang paling efektif berada pada konsentrasi 30% sebesar 71,549% dan yang terendah adalah konsentrasi 75%, yaitu 17,494%.
3. Penyisihan kadar nitrat tertinggi terlihat pada konsentrasi 30% sebesar 30,03% dan penyisihan terendah adalah konsentrasi 100% dengan nilai 7,56%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Darsono. 2007. *Pengolahan Limbah Cair Tahu Secara Anaerob dan Aerob*. Universitas Atmajaya: Jogjakarta.
- Fogg, GE. 1975. *Algae Culture and Fitoplankton Ecology*. University of Wisconsin Press: London.
- Isnansetyo, A dan Kurniastuty. 1995. *Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton*. Kanisius: Yogyakarta.



- Kawaroe, M. 2010. *Mikroalga, Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar*. Bogor: IPB Press
- Krichnavaruk, S., Worapanne, Sorawit, dan Prasert. 2004. *Optimal Growth Conditions and the Cultivation of Chaetoceros calcitrans in Airlift Photobioreactor*. Chemical Engineering. 105: 91-98.
- Mulyadi, A. 1999. *Pertumbuhan dan Daya Serap Nutrien dari Mikroalga Dunaliella tertiolecta yang Dipelihara Pada Limbah Domestik*. Jurnal Penelitian: Jurnal Natur Indonesia II (1): 65-68
- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012
- Prihantini, N, B., Putri, B., dan Yuniati, R. 2005. *Pertumbuhan Chlorella sp. dalam Medium Ekstrak Tauge (Met) dengan Variasi pH Awal*. MAKARA, SAINS. Vol 9, No.1:1-6. Depok: Departemen Biologi Fakultas MIPA, Universitas Indonesia.
- Rossiana, N. 2006. *Uji Toksisitas Limbah Cair Tahu Sumedang Terhadap Reproduksi Daphnia carinata King*. Karya Ilmiah: Universitas Padjajaran, Bandung.
- Sidabutar EA. 1999. *Pengaruh Jenis Medium Pertumbuhan Mikroalga Chlorella sp. Terhadap Aktivitas Senyawa Pemacu Pertumbuhan yang Dihasilkan*. Skripsi. Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengolahan Limbah*. Universitas Indonesia Press: Jakarta.
- Wulandari, Suwartimah & Hartati . 2011. *Komposisi jenis Dan Kelimpahan Diatom Bentik di Muara Sungai Comal Baru Pemasang*. Semarang. Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, UNDIP. 16(1) 16-23
- Sylvester B., Nelvy D., Sudjiharmo. 2002. *Persyaratan Budidaya Fitoplankton. Budidaya Fitoplankton & Zooplankton*. 10: 24-36.
- Xin, L., Hong-ying, H., Ke, G., Jia, Y. 2010. *Growth and Nutrient Removal Properties of a Freshwater Microalga Scenedesmus sp. LX1 Under Different Kinds of Nitrogen Sources*. Ecological Engineering Vol. 36.