

# PEMANFAATAN MIKROALGA *Chlorella sp.* UNTUK PENGOLAHAN *PALM OIL MILL EFFLUENT* [POME] SECARA *FED BATCH*

Sri Rezeki Muria\*, Chairul dan Dina Citra Naomi

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau,  
Kampus Binawidya Km 12., Simpang baru, Pekanbaru, 28293, Indonesia

\*E-mail: sri\_muria@yahoo.co.id

## ABSTRAK

Mikroalga *Chlorella sp.* merupakan mikroalga yang banyak dimanfaatkan dalam pengolahan limbah cair. Mikroalga *Chlorella sp.* dapat bersimbiosis dengan bakteri pengurai untuk mempercepat proses metabolisme. Pada Penelitian ini dilakukan penyisihan kandungan *Chemical Oxygen Demand* [COD] dengan memanfaatkan *Palm Oil Mill Effluent* [POME] sebagai medium kultivasi. Proses *fed-batch* dipilih untuk meningkatkan efisiensi penurunan COD pada POME dan *specific growth* mikroalga *Chlorella sp.* Variasi penambahan POME adalah 450 ml/ hari, 900 ml/2 hari, 1350/3 hari, sedangkan variasi kultivasi dilakukan selama 12 hari. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penurunan COD pada POME dan *specific growth rate* mikroalga *Chlorella sp.* terbaik terdapat pada variasi penambahan POME setiap 2 hari yaitu sebesar 83,33% dan 0,092/hari.

Kata Kunci : *Chlorella sp.*, Kultivasi *fed-batch* , POME, COD, *Specific growth rate*

## ABSTRACT

*Microalgae Chlorella sp.* has been used widely in wastewater treatment. *Microalgae Chlorella sp.* can symbiotic with decomposing bacteria to speed up the metabolic process. In this study, COD reduction was performed using POME as a cultivation medium. The *fed-batch* process was chosen to improve the efficiency of COD reduction in POME and the *specific growth* of *microalgae Chlorella sp.* POME variations are 450 ml / day, 900 ml / 2 days, 1350/3 days and cultivation is carried out for 12 days. The results showed the efficiency of COD reduction in POME and *specific growth* of *Chlorella sp.* The best variation in the contribution of POME every 2 days is 83.33% and 0.092 / day.

Keywords : *Chlorella sp.* Fed-batch cultivation, POME, COD, *Specific growth rate*

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu provinsi yang memiliki perkebunan kelapa sawit dan penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Hingga tahun 2017 luas perkebunan sawit Indonesia mencapai 12,3 juta Ha dengan total produksi minyak sawit sebesar 35 juta ton (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2018). Peningkatan produksi minyak sawit dari tahun ke tahun menyebabkan peningkatan limbah yang

dihasilkan. Salah satunya adalah limbah cair sawit *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yang mengandung polutan yang tinggi.

Persoalan utama dari produksi *Crude Palm Oil* (CPO) ini adalah dihasilkannya limbah cair yang dikenal dengan istilah POME. Setiap ton buah sawit yang diolah akan menghasilkan 0,2 ton CPO dan 0,6 ton

limbah cair produksi minyak sawit dengan 0,2 ton sisanya adalah limbah padat. Pada umumnya pengolahan limbah cair kelapa sawit dilakukan menggunakan serangkaian kolam-kolam terbuka (Hasanudin dkk, 2015).

Mikroalga *Chlorella sp.* merupakan mikroalga yang banyak dimanfaatkan dalam pengolahan limbah cair. Mikroalga *Chlorella sp.* dapat bersimbiosis dengan bakteri pengurai untuk mempercepat proses metabolisme. Menurut Selvika (2016), kelebihan dari mikroalga jenis *Chlorella sp.* merupakan mikroalga yang dapat tumbuh dalam lingkungan tercemar dikarenakan *Chlorella sp.* memiliki *Phytohormon* dan *Polyamine* untuk adaptasi pada ekosistem air yang tercemar dengan logam berat. Kemampuan *Chlorella sp.* dalam menyerap logam berat ini didukung dengan kemampuan beradaptasi, bertumbuh dan dapat digunakan sebagai bioremediator.

Menurut Mahdi dkk (2017) POME mengandung nitrogen dan fosfor yang dapat digunakan sebagai nutrisi pertumbuhan mikroalga dengan rasio perbandingan massa C: N: P = 34 : 16 : 1. Namun selain nutrisi tersebut, mikroalga juga membutuhkan nutrisi dari unsur-unsur mikronutrien (Hadiyanto dan Azim, 2012). Pengolahan POME menggunakan mikroalga dapat mengurangi polutan pada POME dan menghasilkan biomassa dalam jumlah yang besar (Woertz, 2007).

Pada penelitian ini, mikroalga dikultivasi dengan penambahan medium POME secara *fed-batch* selama 12 hari. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan efisiensi penyisihan COD dan *specific growth*. Metode *fed-batch* dipilih dalam penelitian ini dimana POME ditambahkan sebanyak 450 ml/ hari, 900 ml/2 hari dan 1350 ml/3 hari. Dengan menggunakan metode *fed-batch* ini dimana limbah ditambahkan secara bertahap per waktu diharapkan pengolahan limbah POME dapat lebih maksimal karena mikroalga bisa tumbuh lebih optimal dengan pemberian substrat yang bertahap tersebut.

## BAHAN DAN METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa bioreaktor, aerator, mikroskop, dan *thomacytometer*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa mikroalga *Chlorella sp.*, limbah cair sawit (POME) yang berasal dari PTPN V Sei Galuh, akuades.

## Preparasi Sampel Air Limbah

Dalam penelitian ini, sampel limbah yang digunakan berasal dari *land application* PTPN V Sei Galuh, kemudian dilakukan penyaringan untuk memisahkan air limbah dari partikel-partikel besar seperti pasir dan kerikil, kemudian dilakukan sterilisasi air limbah agar tidak ada bakteri pengurai yang terikut dalam proses kultivasi. Selanjutnya dilakukan uji kandungan COD awal limbah cair sawit (POME).

## Kultur Mikroalga *Chlorella Sp.*

Mikroalga *Chlorella sp.* diperoleh dari Laboratorium pribadi Prof. Dr. Ir. H Tengku Dahril, M.Sc. Proses pembiakan kultur mikroalga *Chlorella sp.*, menggunakan wadah galon air 6 liter. Sebanyak 3500 ml akuades dimasukkan kedalam wadah galon air dan ditambahkan 400 ml Nutrisi Dahril *Solution*. Kemudian dicampurkan hingga warnanya menjadi bening menggunakan aerasi agar tercampur rata dalam wadah. *Chlorella sp.*, sebanyak 100 ml dimasukkan kedalam campuran tersebut. Kemudian diberi aerasi dengan tekanan oksigen terkendali. Diamati selama 7-12 hari hingga warna menjadi hijau berupa *Chlorella sp.*

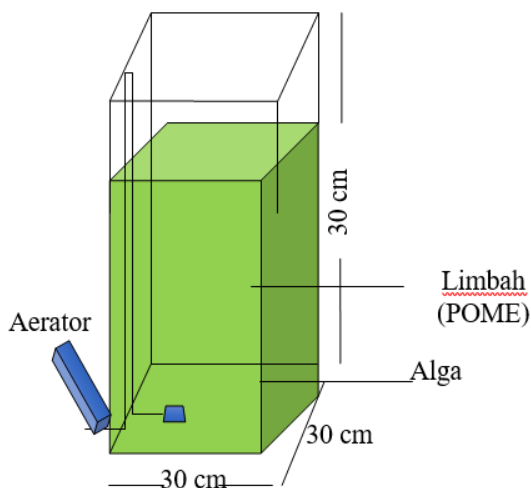
## Aklimatisasi Mikroalga *Chlorella Sp.*

Aklimatisasi dilakukan selama 12 hari dengan menambahkan limbah POME secara bertahap ke dalam bioreaktor yang telah berisi mikroalga hingga diperoleh kepadatan alga sebesar  $10^6$  sel/ml. Tahap awal dilakukan dengan mencampurkan 50% alga hasil kultur dan 50% limbah POME. Kemudian tahap berikutnya dilakukan dengan mencampuran alga dari tahap pertama dan limbah POME dengan rasio 75% : 25%.

## Kultivasi Mikroalga *Chlorella Sp.*

Proses kultivasi mikroalga ini dilakukan dengan menggunakan limbah POME secara *fed-batch*. Nilai kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada limbah POME dihitung terlebih dahulu. Mikroalga yang telah ditumbuhkan didalam media POME hingga jumlah total kepadatan sel (N) sebesar  $10^6$  sel/mL sebanyak 10% dari substrat (600 ml) dimasukkan ke dalam bioreaktor. Penelitian ini menggunakan 5 bioreaktor yang dapat dilihat pada Gambar 1. Pada bioreaktor pertama limbah POME ditambahkan sebanyak 6000

ml tanpa penambahan mikroalga. Kemudian pada bioreaktor kedua, kultivasi dilakukan secara *batch* dengan menambahkan 5400 ml limbah POME dan mikroalga sebanyak 600 ml. Bioreaktor ketiga hingga kelima, kultivasi dilakukan secara *fed-batch* dengan menambahkan limbah POME sesuai perlakuan 450 ml setiap 1 hari, 900 ml setiap 2 hari, 1350 ml setiap 3 hari hingga volume limbah POME mencapai 6000 ml dan masing-masing bioreaktor ditambahkan mikroalga sebanyak 600 ml.



**Gambar 1. Bioreaktor**

Efisiensi penyisihan COD dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{C_{in} - C_{ef}}{C_{in}} \times 100\%$$

Dimana :

$C_{in}$  = Konsentrasi *influen* (mg/L)

$C_{ef}$  = Konsentrasi *effluent* (mg/L)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

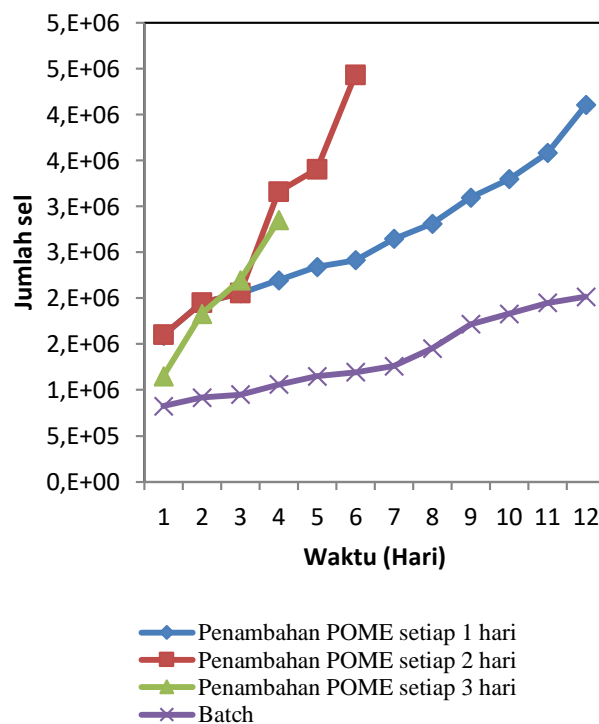
### Karakterisasi Awal Sampel Limbah Cair Sawit

Limbah cair sawit yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair sawit yang berasal dari *land application* PTPN V Sei Galuh. Hasil pengukuran nilai COD limbah cair kelapa sawit sebelum dilakukan pengolahan adalah 4250 mg/L. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan limbah cair sawit pada *land application* masih memiliki cemaran yang tinggi. Hal ini dapat dilihat dari nilai COD yang masih sangat jauh dari nilai baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri yang terdapat dalam Permen LH RI No. 5 Tahun 2014, dimana baku mutu COD yang

dapat dibuang kelingkungan sebesar 350 mg/L. Oleh karena itu dilakukan pengolahan lebih lanjut untuk mengurangi beban pengolahan limbah cair sawit dan mempersingkat waktu pengolahan sehingga proses pengolahan limbah tidak memerlukan kolam penampungan yang terlalu banyak

### Pertumbuhan Sel *Chlorella Sp.* Selama Proses Pengolahan Limbah

Pertumbuhan sel alga *Chlorella sp.* diukur dengan menggunakan mikroskop dan *thomasytometer* untuk menghitung jumlah sel yang hidup. Perhitungan jumlah sel dilakukan setiap penambahan limbah baru dengan menggunakan alat *thomacytometer* dibawah mikroskop. Menurut Hadiyanto (2013), pertumbuhan sel alga di dalam kultur ditandai dengan peningkatan jumlah sel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kultur yang ditumbuhkan dalam limbah cair kelapa sawit dengan proses *fed-batch* memiliki kepadatan yang berbeda. Hal ini mengindikasikan bahwa proses *fed-batch* berpengaruh terhadap pertumbuhan sel mikroalga *Chlorella sp.* Perhitungan jumlah sel mikroalga *Chlorella sp.* pada masing-masing bioreaktor dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses *fed-batch* terhadap pertumbuhan sel *Chlorella sp.* Pola pertumbuhan sel *Chlorella sp.* selama proses pengolahan dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Pola Pertumbuhan sel *Chlorella sp.***

Setelah mampu beradaptasi dan melewati fase lag (adaptasi), mikroalga *Chlorella sp.* memasuki fase eksponensial (*log phase*). Kemampuan mikroalga beradaptasi pada fase sebelumnya dipengaruhi oleh adanya proses aklimatisasi mikroalga dalam limbah cair kelapa sawit. Sel alga yang telah diaklimatisasi secara fisiologis lebih aktif dan mampu memanfaatkan lebih banyak nutrient di dalam limbah cair untuk pertumbuhan dan metabolisemenya (Irhanni,2015). 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 variasi volume POME yang ditambahkan berbeda, dimana fase eksponensial terendah terjadi pada penambahan POME setiap 3 hari, hal ini dikarenakan kadar nutrisi yang tidak sebanding dengan alga, sehingga menyebabkan pertumbuhan *Chlorella sp.* terhambat. Fase eksponensial tertinggi terjadi pada penambahan POME setiap 2 hari, hal ini dikarenakan jumlah nutrient yang ada didalam limbah cair kelapa sawit sebanding dengan jumlah mikroalga yang memanfaatkan nutrient tersebut. Peningkatan jumlah sel yang terjadi mengindikasikan bahwa mikroalga *Chlorella sp.* mampu memanfaatkan nutrient yang terkandung didalam limbah cair (Aulia, 2017).

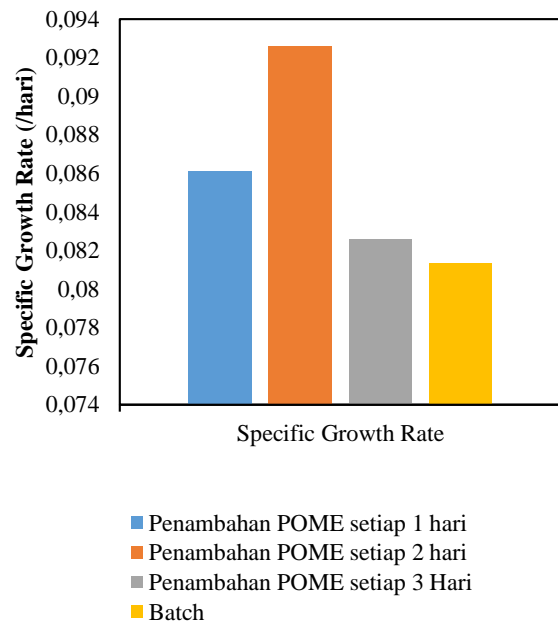
### Pengaruh Proses *Fed-Batch* Terhadap *Specific Growth Rate* Mikroalga *Chlorella Sp.*

Laju pertumbuhan suatu mikroalga adalah suatu ukuran pertambahan biomassa dalam rentang waktu tertentu. Besarnya laju pertumbuhan menggambarkan tingkat kesuksesan relative mikroalga dalam beradaptasi terhadap lingkungan alaminya atau media kultur buatan (Akbar, 2008). Pengaruh proses *fed-batch* terhadap *specific growth rate* mikroalga *Chlorella sp.* dapat dilihat pada Gambar 3.

Perbedaan laju pertumbuhan pada setiap perlakuan tersebut disebabkan oleh kemampuan sel dalam menyerap unsur hara yang terdapat dalam media kultur (Aulia, 2017). Nilai laju pertumbuhan spesifik dapat digunakan sebagai tolak ukur untuk mengetahui daya dukung media terhadap pertumbuhan sel. Peningkatan laju pertumbuhan pada setiap variasi yang diberikan menandakan terjadinya pemanfaatan nutrient yang terkandung dalam limbah cair kelapa sawit.

### Pengaruh Proses *Fed-Batch* Terhadap Efisiensi Penyisihan Cod Pada Pome

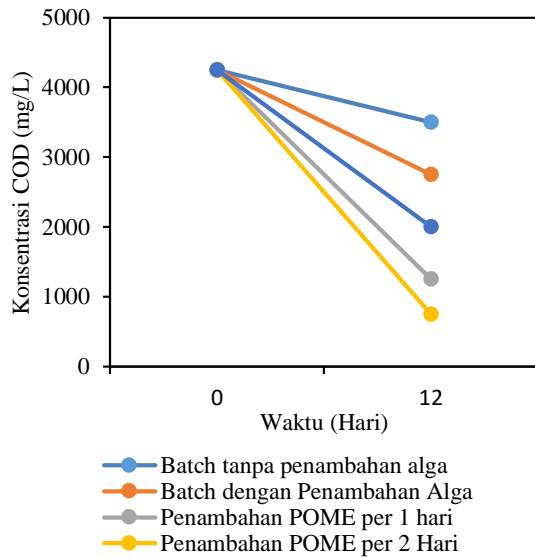
Kadar bahan organik yang terkandung dalam POME dapat diukur dengan nilai COD. Nilai COD meningkat seiring dengan meningkatnya bahan organik di dalam limbah. COD merupakan indikator pencemaran di badan air. Nilai COD menunjukkan keberadaan karbon organik yang secara ilmiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis sehingga mengakibatkan berkurangnya oksigen di perairan. Karbon organik yang terdapat dalam medium limbah cair dan cahaya digunakan sebagai medium pertumbuhan alga, dimana pertumbuhan ini dikategorikan pertumbuhan miksotrofik (Singh dkk, 2012). Proses asimilasi karbon organik dalam medium limbah oleh mikroalga terjadi selama proses respirasi sel.



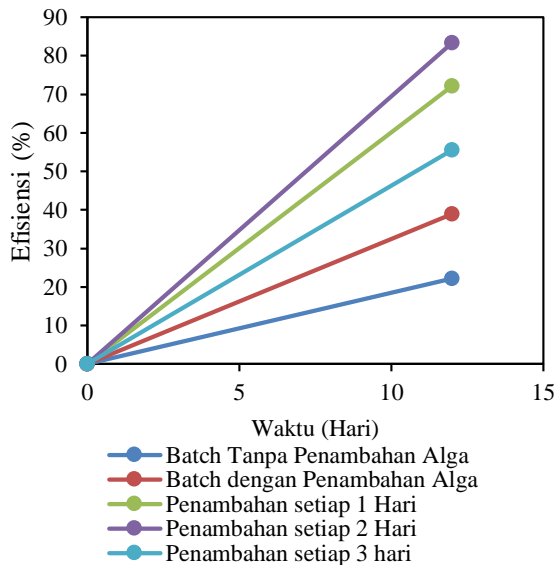
Gambar 3 Grafik Laju Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella sp.*

Senyawa organik digunakan sebagai donor elektron sementara oksigen dikonsumsi sebagai akseptor elektron akhir. Respirasi ini memiliki dua fungsi utama yaitu penyedia energi eksklusif untuk perawatan dan biosintesis dalam kondisi gelap. Pada pertumbuhan miksotrofik ini sel akan menggunakan sumber karbon organik ( $CO_2$ ) dan karbon organik yang berasal dari medium POME secara bergantian (Perez-Garcia dkk,2010). Pada penelitian ini telah dilakukan uji terhadap nilai COD selama masa

pengolahan limbah cair kelapa sawit dalam bioreaktor menggunakan mikroalga *Chlorella sp.*



(a)



(b)

**Gambar 4. (a) Grafik Nilai Konsentrasi COD dan (b) Efisiensi Penyisihan COD**

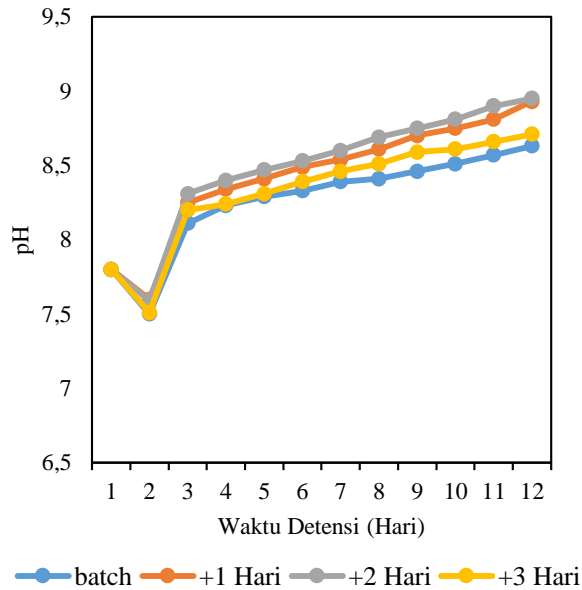
Pada Gambar 4 menunjukkan konsentrasi COD dan efisiensi penyisihan COD pada tiap bioreaktor. Efisiensi penyisihan COD tertinggi terdapat pada bioreaktor dengan penambahan volume POME setiap 2 hari, dengan konsentrasi COD pada akhir pengolahan sebesar 750 mg/L dan efisiensi penyisihan sebesar 83,33%. Hal ini dikarenakan pada kondisi tersebut komposisi antara mikroalga dan

kandungan nutrisi ideal. Menurut Mahdi dkk (2012), penambahan nutrient setiap 2 hari merupakan kondisi yang ideal karena nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroalga tercukupi sehingga mengakibatkan pertumbuhan mikroalga akan semakin meningkat. Menurut Istrokhatun dkk (2017), pertumbuhan sel mikroalga berbanding terbalik dengan kandungan COD yang ada dalam POME. Semakin banyak jumlah mikroalga, maka kandungan COD semakin menurun. Hal tersebut dikarenakan sel-sel mikroalga tumbuh dengan memanfaatkan kandungan organik yang terdapat dalam POME. Aerasi juga merupakan salah satu faktor yang mempercepat penurunan polutan limbah cair kelapa sawit. Menurut Restuhadi dkk (2017), aerasi memberikan fungsi yang sama seperti pengadukan. Dengan adanya aerasi, suplai O<sub>2</sub> cahaya matahari dapat mengenai lebih banyak cairan limbah dan pengontakan alga dengan nutrisi pada limbah. Oksigen dibutuhkan untuk membantu proses dekomposisi bahan organik pada limbah cair kelapa sawit, sedangkan cahaya matahari dibutuhkan untuk proses fotosintesis mikroalga *Chlorella sp.*

### PENGUKURAN Ph MEDIUM PERTUMBUHAN MIKROALGA *Chlorella sp.*

Derajat keasaman (pH) merupakan gambaran jumlah atau aktivitas ion hydrogen dalam perairan dan menunjukkan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasahan. Nilai pH dapat mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan mikroalga dalam beberapa hal, antara lain mengubah keseimbangan dari karbon organik, mengubah ketersediaan nutrien, dan dapat mempengaruhi fisiologis sel (surawiria, 2005). Pengukuran pH yang dilakukan selama 12 hari kultivasi dapat dilihat pada gambar 5.

Pada penelitian ini limbah cair industri kelapa sawit yang digunakan masih mengandung bakteri. Adanya aktivitas bakteri oksidasi yang terkandung di dalam limbah cair sawit akan mengubah bahan organik menjadi CO<sub>2</sub>, semakin banyak CO<sub>2</sub> di dalam air maka semakin banyak asam karbonat yang terbentuk sehingga menyebabkan limbah menjadi asam (pH turun). Selanjutnya CO<sub>2</sub> dimanfaatkan sebagai sumber karbon untuk proses fotosintesis sehingga pH berangsur-angsur mengalami kenaikan (Syaichurrozi dan Jayanudin, 2016).



**Gambar 5. Grafik Nilai pH Selama Proses Pengolahan Limbah.**

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, efisiensi penyisihan COD terbaik didapat pada penambahan limbah setiap 2 hari yaitu sebesar 83,33%, dan *specific growth* sebesar 0,092/hari. Hal ini menunjukkan bahwa pada penambahan medium setiap 2 hari, jumlah nutrient yang ada didalam limbah cair kelapa sawit sebanding dengan jumlah mikroalga yang memanfaatkan nutrient tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, T. M., 2008. Pengaruh Cahaya Terhadap Senyawa Antibakteri dari *Chaetoceros gracilis*. Skripsi Program Studi Teknologi Hasil Perikanan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor.
- Aulia, Mustika., Titik Istirokhotun., dan Sudarno. 2017. Penyisihan Kadar COD dan Nitrat Melalui Kultivasi *Chlorella sp.* dengan Variasi Konsentrasi Limbah Cair Tahu. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 6 (2): 1-9. Semarang.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2018. Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017 Perkebunan Sawit. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Hadiyanto, H., Azimatun Nur, M.M. & Hartanto, G.D., 2012, Cultivation of *Chlorella sp.* as biofuel sources in Palm Oil Mill Effluent (POME). *Int. J. Renew Energ Dev.*, Vol.1(2), May: 45-49.

- Hadiyanto. 2013. Valorisasi Mikroalga Untuk Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit dan sebagai Sumber Energi dan Pangan Alternatif. Prosiding Rekayasa Kimia dan Proses. ISSN 1411-4216.
- Irhamni dan Munir, E. (2015). Kultivasi Mikroalga untuk Bioteknologi Biomassa sebagai Energi Terbarukan. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol.3, No.1.
- Istirokhatun., T, Aulia dan Sudarno. 2017. Potensi *Chlorella sp.* untuk Menyisihkan COD dan Nitrat dalam Limbah Cair Tahu. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*. 14(2).
- Kawaroe, M. 2010. Mikroalga Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar. IPB Press: Bogor.
- Mahdi, M. Z., Titisari, Y. N., dan Hadiyanto. 2012. Evaluasi Pertumbuhan Mikroalga dalam Medium POME: Variasi Jenis Mikroalga, Medium dan Waktu Penambahan Nutrien. *Jurnal Teknik Kimia dan Industri*, 1(1):312-319.
- Perez- Garcia, dkk. 2011. Review : Heterotrophic culture of microalgae: Metabolism. and potential products. *Water Research*. 45: 11-36.
- Restuhadi, F., Zalfiatri, Y., dan Pringgondani, D.A. 2017. Pemanfaatan Simbiosis Mikroalga *Chlorella sp.* dan Starbat untuk Menurunkan Kadar Polutan Limbah Cair Sagu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 11 (2): 140-153.
- Selvika, Z., A. B. Kusuma., N. E. Herliany., dan B. F. S. P. Negara. 2016. Pertumbuhan *Chlorella sp* pada beberapa konsentrasi limbah batubara. *Jurnal Unsyiah*. 5(3): 107-112.
- Singh, S, K., Bansal, A., Jha, M.K., Dey, Apurba.2012. An Integrated Approach to Remove Cr(VI) using Immobilized *Chlorella minutissima* Grown in Nutrient Rich Sewage Wastewater. *Journal of Bioresource Technology* 104: 257-265.
- Surawiria, U. 2005. *Chlorella untuk Kesehatan dan Kebugaran*. Jakarta : Papis Sinar Sinanti.
- Syaichurrozi, I. & J. Jayanudin. 2016. Potensi limbah cair tahu sebagai media tumbuh *Spirulina platensis*. *Jurnal Integrasi Proses*. 6 (2) : 64 : 68.
- Woertz. 2007. *Lipid Productivity of Algae Grown on Dairy Wastewater as a Possible Feedstock for Biodiesel*. Civil and Environmental Engineering, California Polytechnic University, San Luis Ob.