

Restuhadi, F., Zalfiatri, Y., Pringgondani, DA  
2017 : 11 (2)

**PEMANFAATAN SIMBIOSIS MIKROALGA *Chlorella* sp. DAN STARBACT<sup>®</sup>  
UNTUK MENURUNKAN KADAR POLUTAN LIMBAH CAIR SAGU**

**Fajar Restuhadi**

*Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau Kampus Bina Widya,  
Panam KM 12.5 Pekanbaru; Email: [f.restuhadi@lecturer.unri.ac.id](mailto:f.restuhadi@lecturer.unri.ac.id)*

**Yelmira Zalfiatri**

*Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau Kampus Bina Widya,  
Panam KM 12.5 Pekanbaru*

**Dini Aji Pringgondani**

*Fakultas Pertanian Universitas Riau Kampus Bina Widya,  
Panam KM 12.5 Pekanbaru*

*Symbiotic Mutualism of Starbact<sup>®</sup> and Microalgae Chlorella sp.  
in Reducing Pollution from Sago Milling Effluent*

**ABSTRACT**

*The purpose of this research was to study the symbiotic system of a complex microorganisms contained in Starbact<sup>®</sup> as a decomposer agent with the addition of photosynthetic microalgae Chlorella sp. as an oxygen producer in reducing organic loads of sago milling effluent. The experimental design was Completely Randomized Design (CRD) with 5 treatments and 3 replications. The treatments were concentration variations of Starbact<sup>®</sup> (0, 0.135, 0.270, 0.405, and 0.540 per cent v/v, respectively) with 800 ml/L ( $6,6 \times 10^6$  cell/ml) microalgae Chlorella sp. added up with waste sago milling effluent into total of 2 liters of the liquid. The data obtained were analyzed statistically using Analysis of Variance (ANOVA) and Duncan's Multiple Range Test (DNMRT) at 5% level. The result showed that the addition of Starbact microorganisms had significant affect for COD, BOD, TSS, Nitrate, Phospate, DO and pH. The treatment chosen from the result of this research was the P<sub>4</sub> treatment showed the highest level of reduction which had the value of COD 88,04%, BOD of 85,27%, TSS of 71,67%, Phospate of 48,21%, Nitrate of 71,06%. The result also showed an increasing of DO as much as 3 times from 1.85 mg/L into 5.91 mg/L, while pH increased significantly from 4.1 into 7.4.*

**Key word:** *Liquid waste pollution of sago, Starbact microorganisms, microalgae Chlorella sp.*

## PENDAHULUAN

Aktivitas pencemaran lingkungan yang dihasilkan dari kegiatan industri merupakan suatu masalah yang sulit dipecahkan pada saat ini. Indonesia sebagai negara yang memiliki potensi perkebunan besar memiliki permasalahan berupa limbah organik yang belum terselesaikan secara optimal, salah satunya limbah cair sagu. Provinsi Riau merupakan salah satu penghasil sagu alam yang luas. Kontribusi produksi sagu terbesar terdapat pada Kabupaten Kepulauan Meranti dengan luas areal sebesar 38.614 Ha dengan produksi sebesar 202.062 ton per tahun (Badan Pusat Statistik, 2016). Proses menghasilkan 1 ton tepung sagu membutuhkan air sebanyak 20.000 liter dimana 94% air yang digunakan akan menjadi limbah cair (Amos, 2010), sehingga setiap tahun akan menjadi pencemaran limbah cair sebesar 3,8 juta m<sup>3</sup>.

Teknologi pengolahan air limbah adalah solusi dalam memelihara kelestarian lingkungan. Pengolahan air limbah dengan metode biologi adalah proses pengolahan dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme atau bakteri sebagai agen pengolah limbah. Salah satunya yaitu penggunaan mikroalga *Chlorella* sp. dalam penanggulangan limbah cair. Mikroalga membutuhkan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dalam proses metabolisme. Proses penyerapan CO<sub>2</sub> oleh mikroalga terjadi pada saat fotosintesis, dalam proses ini alga membutuhkan nutrisi. Nutrien dalam proses ini dapat berasal dari material limbah cair (Kabinawa dan Agustin, 2004).

Habibah (2011) telah melakukan penelitian tentang potensi pemanfaatan alga *Chlorella Pyrenoidosa* dalam pengolahan limbah cair kelapa sawit. Hasil analisis terhadap beberapa parameter limbah memperlihatkan bahwa alga *Chlorella Pyrenoidosa* terbukti dapat tumbuh dengan baik pada kondisi lingkungan yang ekstrim. Menurut Hadiyanto dan Azim (2012), mikroalga dapat bersimbiosis dengan bakteri pengurai. Unsur hara yang terdapat pada cairan limbah yang dibutuhkan untuk pertumbuhan alga berbentuk kompleks organik, sehingga harus dioksidasi terlebih dahulu menjadi anorganik oleh bakteri dekomposer. Mikroalga dapat berfotosintesis di dalam cairan limbah organik dan menghasilkan oksigen (O<sub>2</sub>) sebagai produk reaksinya, sehingga dapat memberikan kebutuhan O<sub>2</sub> pada bakteri aerob untuk mempercepat proses penguraian. Alga mampu menggunakan CO<sub>2</sub> sebagai sumber karbon utama untuk sintesis sel baru dan melepaskan O<sub>2</sub> melalui mekanisme fotosintesis. Karbondioksida yang didapat merupakan hasil perombakan bakteri pengurai dan O<sub>2</sub> terlarut yang dihasilkan alga dimanfaatkan bakteri aerob untuk proses penguraian. Berdasarkan hal tersebut, untuk mempercepat proses mendegradasi limbah, dilakukan pemanfaatan simbiosis antara alga *Chlorella* sp. dan bakteri dekomposer.

Salah satu bahan dekomposer yang digunakan adalah Starbact. Starbact merupakan suatu kultur dari mikroorganisme yang hidup secara alami untuk meningkatkan kualitas air yang tercemar. Kandungan dalam Starbact yaitu beberapa mikroorganisme dekomposer seperti *Lactobacillus* sp., *Nitrosomonas* sp., *Nitrobacter* sp., *Aerobacter* sp. dan *Saccharomyces*. Mikroorganisme yang terkandung di dalam Starbact memiliki peran masing-masing dalam mengurai senyawa yang terkandung di dalam limbah organik. Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian dengan judul

## **Pemanfaatan Simbiosis Mikroalga *Chlorella* sp. dan Starbact Untuk Menurunkan Kadar Polutan Limbah Cair Sagu.**

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi terbaik Starbact yang bersimbiosis dengan *Chlorella* sp. dalam mempercepat proses menurunkan polutan limbah cair sagu sesuai dengan standar baku mutu air limbah PERMEN LH No. 5.

### **METODE PENELITIAN**

#### **Tempat dan Waktu**

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Pusat Penelitian Alga (Algae Research Centre) Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan dan Laboratorium Unit Pelaksanaan Teknis Pengujian Material Dinas Bina Marga Pekanbaru. Penelitian dilaksanakan selama 6 bulan, yaitu selama bulan Desember 2016 hingga Mei 2017.

#### **Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroalga *Chlorella* sp. yang berasal dari kultur koleksi Prof. Dr. Ir. H. Tengku Dahril, M.Si., limbah cair sagu yang diperoleh dari pabrik pengolahan sagu di Kabupaten Kepulauan Meranti, Starbact diperoleh dari PT. Sintesa Karya Anugrah Mulia, alkohol 96%, akuades, *seed* BOD,  $K_2Cr_2O_7$ , kalium bikromat, pereaksi asam sulfat, larutan fisiologis, ammonium sulfat, indikator feroin, indikator fenolftalin,  $H_2SO_4$ , *digestion solution*, larutan FAS dan larutan *nutrient*.

Alat yang digunakan adalah jerigen limbah cair, saringan limbah cair, aerator, selang, kompor, 3 botol plastik ukuran 6 liter, 15 toples plastik ukuran 2 liter, mikroskop, *hymacytometer*, *handcounter*, DO meter, tabung KOK, buret, *magnetic stirrer*, pH meter, gelas piala, gelas ukur, objek gelas, *cover glass*, kertas saring, *vacuum pump*, spektrofotometer, pipet tetes, desikator, timbangan analitik, cawan petri, timbangan aluminium, *erlenmeyer*, *beaker glass*, desikator, incubator, 2 botol *winkler* dan COD reaktor.

#### **Metode Penelitian**

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Non Faktorial yang terdiri dari 5 perlakuan dan 3 kali ulangan sehingga diperoleh 15 unit percobaan. Setiap perlakuan hanya pada penambahan Starbact yang berubah sesuai perlakuan, sedangkan mikroalga *Chlorella* sp. dan limbah cair sagu dibuat tetap.

Perlakuan variasi Starbact, yaitu:

P<sub>0</sub> = Tanpa penambahan Starbact.

P<sub>1</sub> = Penambahan Starbact 2,5 ml.

P<sub>2</sub> = Penambahan Starbact 5 ml.

P<sub>3</sub> = Penambahan Starbact 7,5 ml.

P<sub>4</sub> = Penambahan Starbact 10 ml.

### **Pelaksanaan Penelitian**

#### **Pengambilan Sampel Limbah**

Jerigen dibersihkan bagian dalamnya dengan cara dibilas dengan menggunakan air limbah yang akan diambil. Kemudian jerigen dimasukkan ke dalam limbah cair secara perlahan-lahan pada beberapa titik pengambilan sampel secara acak untuk menghindari endapan di dasar kolam masuk ke dalam jerigen.

#### **Sterilisasi Alat dan Limbah Cair**

Sterilisasi alat dilakukan dengan cara alat-alat seperti gelas ukur, selang, wadah kultur dan lain-lain dicuci dengan sabun dan dibilas dengan air tawar sampai bersih, kemudian disemprotkan dengan alkohol 96% dan dibiarkan mengering. Untuk sterilisasi limbah cair sagu dilakukan dengan pemanasan menggunakan kompor sampai suhu 100°C agar limbah benar benar steril.

#### **Persiapan Isolat Mikroalga (*Chlorella sp*)**

Wadah botol plastik tembus cahaya matahari yang telah dilakukan sterilisasi ukuran 6 liter dipersiapkan sebanyak 3 botol. Pada tiap botol diberi akuadesh sebanyak 3500 ml dan 400 ml larutan *nutrient*, dihomogenkan dengan pengadukan hingga tercampur rata, kemudian dimasukan mikroalga *Chlorella sp.* 100 ml ke dalam tiap botol dan diberi aerasi, ditempatkan di luar ruangan terkena sinar matahari tidak langsung dan diinkubasi selama 7 hari hingga cairan berubah warna menjadi hijau dengan kelimpahan sel 10<sup>6</sup> sel/ml.

#### **Proses Pengolahan Limbah Cair Sagu**

Hari pertama pengambilan limbah cair sagu setelah dilakukan strelisasi, dilakukan analisis COD, BOD, DO, nitrat, fosfat, pH dan TSS. Sampel limbah dimasukan ke dalam 15 wadah dengan kapasitas 1 liter pada tiap wadah, dilakukan inokulasi Starbact (10<sup>9</sup> CFU/ml) pada tiap sampel sesuai perlakuan dan diaduk hingga homogen. Kemudian diberi mikroalga 800 ml dengan kelimpahan sel 10<sup>6</sup> sel/ml dan aerasi pada tiap wadah. Pada tiap sampel dilakukan analisis kelimpahan sel *Chlorella sp.*, DO dan pH pada hari ke-0 hingga ke-7. Untuk analisis BOD, COD, nitrat, fosfat dan TSS dilakukan pada hari ke-0 dan hari ke-7.

#### **Analisis Data**

Model rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap. Model matematis Rancangan Acak Lengkap yaitu:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \Sigma ij$$

Keterangan :

Y<sub>ij</sub> : Nilai pengamatan perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

m : Rata-rata nilai dari seluruh perlakuan

τ<sub>i</sub> : Pengaruh perlakuan ke-i

Σ ij: Pengaruh galat perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

Data yang diperoleh pada analisis kimia akan dianalisa secara statistik dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Jika Fhitung ≥ Ftabel pada taraf uji 5%

maka perlakuan berpengaruh nyata dan analisis akan dilanjutkan dengan uji DNMRD pada taraf 5%, jika  $F_{hitung} \leq F_{tabel}$  pada taraf uji 5% maka perlakuan berbeda tidak nyata maka analisis tidak dilanjutkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Limbah Cair Sagu

Pengukuran karakteristik limbah cair sagu dilakukan pada tahap awal penelitian sebelum diinokulasi dengan Starbact. Limbah cair yang digunakan adalah limbah cair dari Pabrik Sagu yang terletak di Kecamatan Merbau, Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau. Karakteristik yang diamati yaitu BOD, COD, DO, Nitrat, Fosfat, TSS dan pH yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik limbah cair sagu

| Parameter | Rata-rata | Standar Baku Mutu (*) | Satuan |
|-----------|-----------|-----------------------|--------|
| COD       | 2.999     | 300                   | mg/L   |
| BOD       | 992,60    | 150                   | mg/L   |
| DO        | 1,85      | -                     | mg/L   |
| TSS       | 860       | 400                   | mg/L   |
| Nitrat    | 4,93      | -                     | mg/L   |
| Fosfat    | 1,89      | -                     | mg/L   |
| pH        | 4,1       | 6-9                   | -      |

\* = PERMEN LH No. 5

Tabel 1 menunjukkan pengukuran parameter limbah cair pabrik sagu belum memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5-/MENLH/2014. Limbah cair yang terdapat di Kecamatan Merbau, Kepulauan Meranti Provinsi Riau sebagian besar langsung dibuang ke perairan tanpa proses pengolahan, maka sangat perlu dilakukan pengolahan limbah cair sagu sebelum limbah tersebut dibuang ke perairan.

### Chemical Oxygen Demand

Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD) dilakukan untuk mengetahui jumlah  $O_2$  yang dibutuhkan untuk mendekomposisi bahan organik limbah cair sagu baik yang sukar didegradasi secara biologi maupun yang bisa didegradasi secara biologi. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa variasi penambahan bahan pendegradasi Starbact berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap nilai COD limbah cair sagu.

Tabel 2. Rata-rata kadar COD limbah sagu hari ke-0 dan hari ke-7.

| Perlakuan               | COD H-0 (mg/L) | COD H-7 (mg/L)      |
|-------------------------|----------------|---------------------|
| $P_0$ = Starbact 0 ml   | 2198,30        | 610,43 <sup>e</sup> |
| $P_1$ = Starbact 2,5 ml | 2102,30        | 293,23 <sup>d</sup> |
| $P_2$ = Starbact 5 ml   | 1989,20        | 260,33 <sup>c</sup> |
| $P_3$ = Starbact 7,5 ml | 1920,33        | 242,10 <sup>b</sup> |
| $P_4$ = Starbact 10 ml  | 1899,33        | 227,13 <sup>a</sup> |

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda, menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Kadar COD Maks menurut PERMEN LH No.5/2014 adalah 300 mg/L.

Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi pemberian mikroalga *Chlorella sp.* dengan variasi penambahan bahan pendegradasi Starbact yang berbeda mampu menurunkan

nilai COD yang terdapat pada limbah cair sagu. Kadar COD semakin menurun seiring dengan semakin banyaknya variasi penambahan bahan pendegradasi Starbact pada tiap perlakuan. Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kandungan nilai COD yang dapat memenuhi baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri sesuai dengan PERMEN LH No.5 adalah perlakuan P<sub>1</sub> hingga perlakuan P<sub>4</sub>. Penurunan kadar COD paling tinggi terdapat pada perlakuan P<sub>4</sub> dengan persentase penurunan sebesar 88,04%. Hal ini menunjukkan dengan penambahan mikroorganisme Starbact, dapat menurunkan konsentrasi COD yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol (P<sub>0</sub>) yang hanya sebesar 72,23%.

Kemampuan penurunan nilai COD ini terjadi karena adanya simbiosis mutualisme antara bakteri pengurai yang terdapat pada Starbact dan mikroalga *Chlorella* sp. Mikroalga menggunakan CO<sub>2</sub> sebagai sumber karbon utama untuk sintesis sel baru dan melepaskan O<sub>2</sub> melalui mekanisme fotosintesis. Karbondioksida yang didapat merupakan hasil perombakan bahan organik yang terdapat pada limbah cair sagu oleh bakteri pengurai dan O<sub>2</sub> terlarut yang dihasilkan alga dimanfaatkan bakteri aerob untuk proses penguraian. Hubungan simbiosis antara *Chlorella* sp. dan mikroorganisme yang terdapat pada Starbact juga mempercepat proses penguraian bahan organik dan anorganik yang terdapat pada limbah cair sagu.

Aerasi juga merupakan salah satu faktor yang mempercepat penurunan polutan limbah cair sagu. Aerasi memberikan fungsi yang sama seperti pengadukan. Dengan adanya aerasi, suplai O<sub>2</sub> dan cahaya matahari dapat mengenai lebih banyak cairan limbah. Oksigen dibutuhkan untuk membantu proses dekomposisi bahan organik pada limbah cair oleh bakteri pada Starbact, sedangkan cahaya matahari dibutuhkan untuk membantu proses fotosintesis mikroalga *Chlorella* sp.

### **Biological Oxygen Demand**

Pengujian *Biological Oxygen Demand* (BOD) pada air limbah digunakan untuk menentukan jumlah O<sub>2</sub> terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme aerobik untuk mengoksidasi bahan organik dalam sampel limbah. Semakin banyak nilai BOD yang dihasilkan, maka semakin tinggi kadar polutan yang terdapat dalam limbah cair tersebut. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa variasi penambahan bahan pendegradasi Starbact berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap nilai BOD limbah cair sagu.

Tabel 3. Rata-rata kadar BOD limbah sagu hari ke-0 dan hari ke-7.

| Perlakuan                        | BOD H-0 (mg/L) | BOD H-7 (mg/L)      |
|----------------------------------|----------------|---------------------|
| P <sub>0</sub> = Starbact 0 ml   | 767,46         | 223,26 <sup>e</sup> |
| P <sub>1</sub> = Starbact 2,5 ml | 762,36         | 189,13 <sup>d</sup> |
| P <sub>2</sub> = Starbact 5 ml   | 751,30         | 138,16 <sup>c</sup> |
| P <sub>3</sub> = Starbact 7,5 ml | 735,36         | 119,23 <sup>b</sup> |
| P <sub>4</sub> = Starbact 10 ml  | 722,36         | 106,40 <sup>a</sup> |

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda, menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Kadar BOD maks menurut PERMEN LH No.5/2014 adalah 150 mg/L.

Tabel 3 menunjukkan bahwa konsentrasi pemberian mikroalga *Chlorella* sp. dengan variasi penambahan bahan pendegradasi Starbact mampu menurunkan nilai kandungan nilai BOD yang terdapat pada limbah cair sagu. Kadar BOD semakin menurun seiring

dengan semakin banyaknya variasi penambahan bahan pendegradasi Starbact pada tiap perlakuan. Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai BOD yang dapat memenuhi baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri sesuai dengan PERMEN LH No.5 terdapat pada perlakuan P<sub>2</sub> hingga P<sub>4</sub>. Penurunan kadar BOD paling tinggi terdapat pada perlakuan P<sub>4</sub> dengan persentase penurunan sebesar 85,27%. Hal ini menunjukkan dengan penambahan bahan pendegradasi Starbact, dapat menurunkan konsentrasi BOD yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol (P<sub>0</sub>) yang hanya sebesar 70,90%.

Penurunan kandungan nilai BOD ini menunjukkan bahwa mikroorganismenya memanfaatkan senyawa organik sebagai sumber karbon melalui proses dekomposisi limbah organik, sehingga adanya penambahan bahan pendegradasi Starbact dapat mempercepat terjadinya proses dekomposisi bahan organik. Besarnya penurunan nilai BOD ini juga terjadi karena adanya simbiosis mutualisme antara bakteri pengurai yang terdapat pada Starbact dan mikroalga *Chlorella sp.*

*Chlorella sp.* dapat digunakan sebagai penstabil limbah, karena alga mampu bersimbiosis dengan bakteri pengoksidasi limbah cair. Fotosintesis mikroalga menghasilkan O<sub>2</sub> yang berperan untuk respirasi pada pertumbuhan bakteri pengoksidasi limbah, sebaliknya reaksi oksidasi atau dekomposisi limbah yang dilakukan oleh bakteri menghasilkan CO<sub>2</sub> yang dapat mendukung pertumbuhan mikroalga, hal ini juga akan mempercepat proses penguraian limbah yang dilakukan.

## Nitrat dan Fosfat

### Nitrat

Nitrat (NO<sub>3</sub>) adalah bentuk utama dari nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Kadar nitrat yang berlebihan pada perairan juga dapat mengakumulasi pertumbuhan ganggang yang tidak terbatas, sehingga akan menghalangi penetrasi cahaya ke dalam perairan (Effendi, 2003). Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa variasi penambahan Starbact berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap kandungan nitrat limbah cair sagu.

Tabel 4. Rata-rata kadar nitrat limbah sagu hari ke-0 dan hari ke-7.

| Perlakuan                        | H-0 (mg/L) | H-7 (mg/L)        |
|----------------------------------|------------|-------------------|
| P <sub>0</sub> = Starbact 0 ml   | 5,29       | 5,04 <sup>e</sup> |
| P <sub>1</sub> = Starbact 2,5 ml | 5,49       | 3,13 <sup>d</sup> |
| P <sub>2</sub> = Starbact 5 ml   | 5,75       | 2,29 <sup>c</sup> |
| P <sub>3</sub> = Starbact 7,5 ml | 5,94       | 2,05 <sup>b</sup> |
| P <sub>4</sub> = Starbact 10 ml  | 6,22       | 1,80 <sup>a</sup> |

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda, menunjukkan berbeda nyata (P<0,05).

Tabel 4 menunjukkan kandungan nilai nitrat terendah terdapat pada perlakuan P<sub>4</sub> yaitu dengan perlakuan penambahan 10 ml Starbact. Penurunan kandungan nitrat pada hari ke-7 terjadi karena adanya pemanfaatan unsur hara yang terkandung dalam limbah cair sagu oleh mikroalga *Chlorella sp.* untuk pertumbuhannya, dimana nutrisi yang paling dibutuhkan fitoplankton untuk pertumbuhannya adalah nitrogen dalam bentuk nitrat. Oleh sebab itu, semakin padat jumlah sel *Chlorella sp.* maka semakin banyak unsur

hara yang termanfaatkan. Menurunnya kandungan nitrat dalam media kultur sejalan dengan peningkatan kelimpahan *Chlorella sp* (Grafik 1).

Pada Tabel 4 dapat dilihat hari ke-0 kadar nitrat cenderung meningkat seiring dengan banyaknya penambahan Starbact pada tiap perlakuan. Hal ini dikarenakan pada Starbact terdapat bakteri *Nitrisomonas sp.* yang berfungsi merubah amonia menjadi nitrit dan *Nitrobacter sp.* yang berfungsi merubah nitrit menjadi nitrat pada limbah cair sagu. Hal ini juga dikarenakan peran mikroalga dalam memanfaatkan nitrat pada limbah cair sagu belum maksimal, dikarenakan mikroalga pada hari ke-0 masih mengalami fase adaptasi

Pada hari ke-7 kadar nitrat pada limbah cair sagu menurun bila dibandingkan dengan hari ke-0. Semakin banyak variasi penambahan bahan pendegradasi Starbact, maka kandungan nilai nitrat akan semakin menurun. Hal ini terjadi dikarenakan pada hari ke-7 mikroalga memasuki fase eksponensial (fase puncak), ditandai dengan kelimpahan mikroalga *Chlorella sp.* yang semakin meningkat.

Peningkatan kepadatan sel sejalan dengan banyaknya substrat yang dibutuhkan untuk proses metabolismenya. Banyaknya substrat yang dibutuhkan akan disuplai dari kandungan nitrat pada limbah cair sagu. Semakin tinggi kenaikan kepadatan sel mikroalga berbanding lurus dengan substrat yang diperlukan. Hal inilah yang membuat kandungan nitrat pada hari ke-7 semakin menurun seiring dengan bertambahnya variasi Starbact yang diberikan. Pada penelitian yang telah dilakukan, perlakuan P<sub>4</sub> merupakan perlakuan terpilih dalam menurunkan kandungan nitrat yang terdapat pada limbah cair sagu. Hal ini dikarenakan penurunan nilai nitrat yang dihasilkan memiliki nilai yang paling besar yaitu sebesar 71,06% dengan nilai 1,80 mg/L.

### Fosfat

Fospat (PO<sub>4</sub>) merupakan unsur yang berpengaruh terhadap produktifitas primer ekosistem perairan. Fospat di perairan berperan dalam pembentukan protein dan metabolisme sel organisme. Peningkatan kadar fosfat pada perairan akan menyebabkan terjadinya ledakan populasi (bloom) fitoplankton atau eutrofikasi perairan yang akhirnya akan menyebabkan kematian hewan akuatik secara masal (Ahmad, 1992). Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa variasi penambahan Starbact berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap kandungan fosfat limbah cair sagu.

Tabel 5. Rata-rata kadar fosfat limbah sagu hari ke-0 dan hari ke-7.

| Perlakuan                        | H-0 (mg/L) | H-7 (mg/L)        |
|----------------------------------|------------|-------------------|
| P <sub>0</sub> = Starbact 0 ml   | 2,06       | 2,02 <sup>e</sup> |
| P <sub>1</sub> = Starbact 2,5 ml | 2,11       | 1,46 <sup>d</sup> |
| P <sub>2</sub> = Starbact 5 ml   | 2,15       | 1,38 <sup>c</sup> |
| P <sub>3</sub> = Starbact 7,5 ml | 2,2        | 1,28 <sup>b</sup> |
| P <sub>4</sub> = Starbact 10 ml  | 2,24       | 1,16 <sup>a</sup> |

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda, menunjukkan berbeda nyata (P<0,05).

Pada hari ke-7, kandungan fosfat pada limbah cair sagu mengalami penurunan. Penurunan kandungan fosfat terjadi karena mikroalga *Chlorella sp.* memanfaatkan nutrisi fosfat yang ada pada limbah cair sagu untuk pertumbuhannya. Fosfat dimanfaatkan oleh *Chlorella sp.* untuk pembentukan klorofil dan pembelahan sel,

sehingga semakin cepat pembelahan sel maka semakin cepat pertumbuhan dan kepadatan sel (Amini, 2004).

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa hari ke-0 kadar fosfat cenderung meningkat. Limbah organik yang diuraikan oleh bakteri akan selalu menghasilkan nutrisi N dan P yang menjadi indikator tingkat kesuburan di perairan. Ketersediaan N dan P dapat dilihat dari tingkat konsentrasi nitrogen Effendi (2003). Seperti yang terjadi pada kandungan nitrat, pada hari ke-0 mikroalga *Chlorella* sp. masih dalam fase adaptasi, sehingga pemanfaatan fosfat yang telah diurai bakteri dekomposer belum dimanfaatkan secara maksimum. Hal ini yang membuat kandungan fosfat pada hari ke-0 semakin meningkat seiring dengan banyaknya penambahan bahan pendegradasi Starbact pada tiap perlakuan.

Pada hari ke-7 kadar fosfat pada limbah cair menurun bila dibandingkan dengan hari ke-0. Hal ini terjadi karena pada hari ke-7, kelimpahan mikroalga *Chlorella* sp. semakin meningkat. Peningkatan kepadatan sel alga sejalan dengan banyaknya substrat yang dibutuhkan untuk proses metabolismenya. Banyaknya substrat yang dibutuhkan akan disuplai dari fosfat serta nitrat yang dihasilkan, semakin tinggi kenaikan kepadatan sel mikroalga berbanding lurus dengan substrat yang diperlukan. Hal inilah yang membuat kandungan fosfat pada hari ke-7 semakin menurun seiring dengan bertambahnya variasi Starbact yang diberikan. Perlakuan P<sub>4</sub> merupakan perlakuan terpilih dalam menurunkan kandungan fosfat pada limbah cair sagu. Hal ini dikarenakan penurunan nilai fosfat yang dihasilkan memiliki nilai yang paling besar yaitu sebesar 48,21% dengan nilai 1,16 mg/L.

### **Total Suspended Solid**

*Total Suspended Solid* (TSS) adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap. Padatan tersuspensi yang tinggi dapat menghalangi penetrasi cahaya masuk ke dalam air dan hal ini akan berdampak terhadap kehidupan di dalam air. Padatan tersuspensi dalam air dapat terdiri dari partikel anorganik (liat dan butiran pasir) dan organik (serat tumbuhan dan padatan biologi) atau zat cair yang tidak tercampur. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa variasi penambahan Starbact berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap kandungan nilai TSS pada limbah cair sagu.

Tabel 6. Rata-rata kadar TSS limbah sagu pada hari ke-0 dan hari ke-7.

| Perlakuan                        | TSS H-0 (mg/L) | TSS H-7 (mg/L)      |
|----------------------------------|----------------|---------------------|
| P <sub>0</sub> = Starbact 0 ml   | 901,00         | 586,80 <sup>c</sup> |
| P <sub>1</sub> = Starbact 2,5 ml | 872,20         | 391,20 <sup>d</sup> |
| P <sub>2</sub> = Starbact 5 ml   | 861,30         | 373,90 <sup>c</sup> |
| P <sub>3</sub> = Starbact 7,5 ml | 844,40         | 349,10 <sup>b</sup> |
| P <sub>4</sub> = Starbact 10 ml  | 816,10         | 231,20 <sup>a</sup> |

*Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda, menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Kadar TSS Maks menurut PERMEN LH No.5/2014 adalah 400 mg/L.*

Konsentrasi pemberian mikroalga *Chlorella* sp. dengan variasi penambahan bahan pendegradasi Starbact yang berbeda mampu menurunkan kandungan nilai TSS pada limbah cair sagu. Tabel 6 menunjukkan bahwa pada hari ke-7, perlakuan P<sub>1</sub> hingga P<sub>4</sub>, telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh PERMEN LH No.5. Penurunan kadar TSS paling tinggi terdapat pada perlakuan P<sub>4</sub> dengan persentase

penurunan sebesar 71,67%. Hal ini menunjukkan dengan penambahan bahan pendegradasi Starbact, dapat menurunkan kandungan TSS yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol (P<sub>0</sub>) yang hanya sebesar 34,87%.

Penurunan nilai TSS disebabkan karena bahan pendegradasi Starbact membantu proses penguraian bahan organik yang masih terdapat di dalam limbah cair menjadi bahan anorganik. Bakteri pengurai bahan organik yang terkandung di dalam Starbact adalah *Lactobacillus sp.* dan *Saccharomyces sp.* yang berfungsi mendegradasi bahan organik, *Nitrisomonas sp.* merombak amonia menjadi nitrit dan *Nitrobacter sp.* merubah nitrit menjadi nitrat.

Proses metabolisme dan degradasi bahan organik yang diakibatkan oleh bakteri pengurai akan menghasilkan senyawa anorganik. Senyawa anorganik seperti nitrat dan fosfat akan dimanfaatkan mikroalga sebagai sumber substrat dan CO<sub>2</sub> akan digunakan untuk membantu proses fotosintesis mikroalga *Chlorella sp.* Proses fotosintesis akan menghasilkan O<sub>2</sub>, dimana O<sub>2</sub> akan digunakan untuk membantu proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme pada Starbact. Proses inilah yang dapat menurunkan kadar polutan limbah cair sagu termasuk TSS.

### **Disolved Oxygen**

*Disolved oxygen* (DO) adalah jumlah mg/L gas oksigen yang terlarut di dalam air. Kandungan O<sub>2</sub> terlarut digunakan untuk kebutuhan respirasi organisme air dan juga dibutuhkan bakteri dalam proses penguraian bahan-bahan organik. Hasil kandungan nilai DO pada tiap perlakuan yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rata-rata kenaikan DO (mg/L) dari hari ke-0 sampai hari ke-7.

| Hari | Perlakuan      |                |                |                |                |  |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
|      | P <sub>0</sub> | P <sub>1</sub> | P <sub>2</sub> | P <sub>3</sub> | P <sub>4</sub> |  |
| 0    | 1,82           | 1,82           | 1,84           | 1,85           | 1,85           |  |
| 1    | 1,83           | 1,92           | 2,03           | 2,21           | 2,42           |  |
| 2    | 1,99           | 2,47           | 2,98           | 3,24           | 3,77           |  |
| 3    | 2,26           | 2,76           | 3,63           | 3,91           | 4,11           |  |
| 4    | 2,31           | 3,07           | 3,72           | 4,09           | 4,26           |  |
| 5    | 2,42           | 3,26           | 4,17           | 4,49           | 4,96           |  |
| 6    | 2,61           | 3,67           | 4,32           | 4,81           | 5,21           |  |
| 7    | 3,13           | 3,93           | 4,89           | 5,27           | 5,91           |  |

Sumber: Data Primer

Tabel 7 menunjukkan semakin banyak penambahan bahan pendegradasi Starbact, maka nilai DO yang dihasilkan akan semakin meningkat. Nilai DO tertinggi terdapat pada perlakuan P<sub>4</sub> dengan kandungan nilai sebesar 5,91 mg/L atau meningkat 3 kali lipat. Menurut Sastrawijaya (2000), kehidupan di air dapat bertahan jika ada oksigen terlarut minimum sebanyak 5 mg oksigen setiap liternya, selebihnya bergantung kepada ketahanan organisme, derajat keaktifannya, kehadiran pencemaran, suhu, air dan sebagainya.

Peningkatan nilai DO ini dapat terjadi dikarenakan adanya bantuan aerasi dan aktifitas mikroalga. Salah satu fungsi aerasi adalah mencampurkan air dan udara atau bahan lain sehingga air yang beroksigen rendah kontak dengan oksigen atau udara dan mencampurkan air yang beroksigen tinggi dengan air yang beroksigen rendah. Mikroalga dalam proses fotosintesisnya juga menghasilkan O<sub>2</sub> dalam perairan. Hal inilah yang menyebabkan kenaikan nilai DO pada limbah cair.

Peranan penting salah satu bakteri yang terkandung dalam bahan dekomposer Starbact yaitu *Saccharomyces sp.* yang dapat menghasilkan CO<sub>2</sub>. Semakin banyak CO<sub>2</sub> yang dihasilkan maka dapat membantu mempercepat proses fotosintesis sel mikroalga *Chlorella sp.* yang hasil akhirnya adalah O<sub>2</sub>. Hal ini yang membuat nilai DO meningkat dari awal uji limbah cair sampai hari ke-0, dan hari ke-7. Peningkatan nilai DO ini menandakan kualitas air semakin bagus dan menandakan adanya aktifitas mikroalga dalam limbah cair.

### Derajat Keasaman

Nilai derajat keasaman (pH) merupakan hasil pengukuran aktivitas ion hidrogen dalam perairan dan menunjukkan keseimbangan antara asam dan basa air. Nilai pH dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain aktivitas biologis di dalam air dan keberadaan ion-ion dalam perairan. Salah satu faktornya yaitu nilai pH berhubungan erat dengan kandungan CO<sub>2</sub> yang terdapat di dalam air. Nilai rata-rata kadar pH limbah cair sagu setelah dilakukan pengolahan pada hari ke-0 hingga hari ke-7 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rata-rata kenaikan pH dari hari ke-0 sampai hari ke-7.

| Hari | Perlakuan      |                |                |                |                |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|      | P <sub>0</sub> | P <sub>1</sub> | P <sub>2</sub> | P <sub>3</sub> | P <sub>4</sub> |
| 0    | 4,4            | 4,4            | 4,4            | 4,4            | 4,5            |
| 1    | 4,9            | 4,9            | 4,9            | 5,1            | 5,2            |
| 2    | 5,2            | 5,2            | 5,3            | 5,4            | 5,6            |
| 3    | 5,4            | 5,4            | 5,6            | 5,7            | 5,8            |
| 4    | 5,7            | 5,8            | 6,0            | 6,1            | 6,2            |
| 5    | 5,9            | 6,1            | 6,3            | 6,6            | 6,9            |
| 6    | 6,2            | 6,5            | 6,7            | 6,9            | 7,1            |
| 7    | 6,5            | 6,7            | 6,8            | 7,2            | 7,4            |

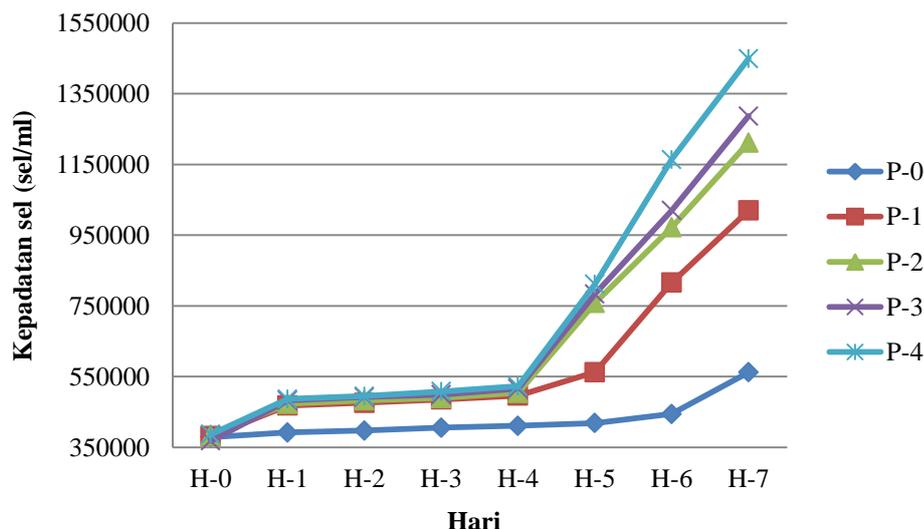
Keterangan : Kadar baku mutu pH menurut PERMEN LH No.5/2014 adalah 6-9.

Sumber: Data Primer

Tabel 8 menunjukkan bahwa variasi penambahan bahan pendegradasi Starbact berpengaruh terhadap kandungan nilai pH, dimana pH akan meningkat seiring dengan bertambahnya variasi pemberian Starbact. Nilai pH tertinggi terdapat pada perlakuan P<sub>4</sub> yaitu dengan penambahan Starbact sebanyak 10 ml membuat nilai pH meningkat sebesar 65,91% dengan nilai pH 7,4. Meningkatnya pH diakibatkan penguapan amoniak dan aktifitas mikroorganisme yang berperan sebagai dekomposer. Kenaikan pH dikarenakan adanya aktifitas fotosintesis oleh mikroalga *Chlorella sp.* Karbondioksida merupakan komponen utama dalam proses fotosintesis. Menurunnya kadar CO<sub>2</sub> dalam

perairan menyebabkan nilai pH meningkat dari keadaan asam menjadi netral atau bahkan basa (Arifin, 2012).

Terjadinya kenaikan pH sejalan dengan meningkatnya kepadatan mikroalga dan laju pemanfaatan nutrient. Sel *Chlorella sp.* dalam limbah cair mengalami pertumbuhan dan melakukan fotosintesis. Pada awalnya pertumbuhan sel relatif sedikit, seiring bertambahnya hari pertumbuhan sel *Chlorella sp.* semakin meningkat. Peningkatan sel mikroalga dalam limbah cair sagu dapat dilihat pada Grafik 1.



Grafik 1. Kepadatan sel dari hari ke-0 sampai hari ke-7

Peningkatan kepadatan sel mikroalga *Chlorella sp.* ini menandakan sel dapat tumbuh dan berkembang pada media limbah cair sagu. Pada hari ke-0 sampai dengan hari ke-4, perkembangan sel belum memperlihatkan kenaikan yang signifikan, ini kemungkinan dikarenakan sel mikroalga *Chlorella sp.* sedang mengalami fasa adaptasi dengan lingkungan baru. Pada hari ke-5 sampai dengan hari ke-7, sel mikroalga *Chlorella sp.* mengalami peningkatan pesat pada semua perlakuan, hal ini menandakan mikroalga dalam masa puncak atau fasa eksponensial.

Perlakuan yang menghasilkan sel mikroalga *Chlorella sp.* paling tinggi terdapat pada perlakuan P<sub>4</sub>. Hal ini dikarenakan starbact membantu proses degradasi bahan organik menjadi bahan anorganik, yang kemudian dimanfaatkan *Chlorella sp.* sebagai sumber substrat untuk perkembangannya. Pada proses fotosintesisnya, mikroalga *Chlorella sp.* menghasilkan O<sub>2</sub> dimana akan dimanfaatkan kembali oleh bakteri dekomposer untuk mendegradasi bahan organik dalam limbah cair.

#### Perlakuan Variasi Starbact Terpilih

Dari karakteristik yang telah diamati, telah didapatkan hasil yang memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Karakteristik berupa COD, BOD, TSS, nitrat, fosfat, DO, dan pH yang telah memenuhi standar oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5-/MENLH/2014 dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perlakuan Variasi Starbact Terpilih

| Karakteristik | Baku Mutu | Perlakuan           |                     |                     |                     |                           |
|---------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
|               |           | P <sub>0</sub>      | P <sub>1</sub>      | P <sub>2</sub>      | P <sub>3</sub>      | P <sub>4</sub>            |
| COD (mg/L)    | Maks 300  | 610,43 <sup>e</sup> | 293,23 <sup>d</sup> | 260,33 <sup>c</sup> | 242,10 <sup>b</sup> | <b>227,13<sup>a</sup></b> |
| BOD (mg/L)    | Maks 150  | 223,26 <sup>e</sup> | 189,13 <sup>d</sup> | 138,16 <sup>c</sup> | 119,23 <sup>b</sup> | <b>106,40<sup>a</sup></b> |
| Nitrat (mg/L) | -         | 5,04 <sup>e</sup>   | 3,13 <sup>d</sup>   | 2,29 <sup>c</sup>   | 2,05 <sup>b</sup>   | <b>1,80<sup>a</sup></b>   |
| Fosfat (mg/L) | -         | 2,02 <sup>e</sup>   | 1,59 <sup>d</sup>   | 1,32 <sup>c</sup>   | 1,17 <sup>b</sup>   | <b>1,04<sup>a</sup></b>   |
| TSS (mg/L)    | Maks 400  | 586,80 <sup>e</sup> | 391,20 <sup>d</sup> | 373,90 <sup>c</sup> | 349,10 <sup>b</sup> | <b>231,20<sup>a</sup></b> |
| DO (mg/L)     | -         | 3,13                | 3,93                | 4,89                | 5,27                | <b>5,91</b>               |
| pH            | 6-9       | 6,5                 | 6,7                 | 6,8                 | 7,2                 | <b>7,4</b>                |

Keterangan: Angka yang bercetak tebal menandakan perlakuan terpilih

Tabel 9 menunjukkan hasil yang diinginkan yaitu terdapat tiga perlakuan yang mencapai standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup No. 5-/MENLH/2014. Perlakuan terpilih terdapat pada perlakuan P<sub>4</sub> dengan penambahan 10 ml Starbact, dimana penurunan polutan paling tinggi terdapat pada perlakuan P<sub>4</sub>.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penambahan mikroalga *Chlorella sp.* 800 ml ( $6,6 \times 10^6$  sel/ml) dengan beberapa variasi penambahan bahan pendegradasi Starbact ( $10^9$  CFU/ml) dapat menurunkan kandungan polutan limbah cair sagu. Variasi penambahan bahan pendegradasi Starbact memberikan pengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap nilai BOD, COD, DO, TSS, Nitrat, Fosfat dan pH dalam menurunkan pencemaran limbah cair sagu.

Perlakuan terpilih yang diperoleh pada penelitian ini terdapat pada perlakuan P<sub>4</sub> dengan variasi penambahan Starbact sebanyak 10 ml. Perlakuan P<sub>4</sub> memiliki persentase penurunan nilai COD sebesar 88,04%, BOD sebesar 85,27%, TSS sebesar 71,67%, Fosfat sebesar 48,21%, Nitrat sebesar 71,06% dan kenaikan pada nilai pH sebesar 65,91%, DO sebesar 3 kali lipat.

Perlakuan ini telah memenuhi baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri sesuai dengan yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5-/MENLH/2014. Semakin banyak bahan pendegradasi Starbact yang ditambahkan, maka kandungan parameter pencemar (COD, BOD, DO, TSS, Nitrat, Fosfat dan pH) akan semakin menurun.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kepala Laboratorium Pusat Penelitian Alga (Algae Research Centre) Bapak Prof. Dr. Ir. T. Dahril, M.Sc. yang telah memberikan bantuan dan fasilitas selama menyelesaikan penelitian serta semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, T. 1992. Pengelolaan mutu air. Prosiding Latihan Penelitian Akuakultur. Denpasar. 152 p.
- Amini. 2004. Kajian nutritif phytoplankton pakan alami pada sistem kultivasi massal. Jurnal Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro. 9(4):206-210.
- Amos. 2010. Dampak limbah pengolahan sagu skala kecil terhadap mutu air anak sungai di kelurahan cibuluh bogor. Jurnal Teknik Lingkungan. 12(5), 29-31.
- Arifin, R. 2012. Distribusi Spasial dan Temporal Biomassa Fitoplankton (klorofil-a) dan Keterkaitannya dengan Kesuburan Perairan Estuaria Sungai Brantas, Jawa Timur. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor.
- Badan Pusat Statistik. 2016. Kabupaten Kepulauan Meranti Dalam Angka. Riau.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya Dan Lingkungan Perairan. Karnisius. Yogyakarta.
- Habibah, E. Z. 2011. Potensi pemanfaatan *Chlorella pyrenoidosa* dalam pengelolaan limbah cair kelapa sawit. Thesis. Pascasarjana Ilmu Lingkungan Universitas Riau. Pekanbaru.
- Hadiyanto dan Azim, M. 2012. Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan. UNDIP Press. Semarang.
- Kabinawa, I.N.K. dan W.S. Agustini. 2004. Aplikasi *Chlorella Pyrenoidosa* strain lokal (ink) dalam penanggulangan limbah cair agroindustri. Puslit-Bioteknologi-LIPI. Bogor.
- Sastrawijaya, A. T. 2000. Pencemaran Lingkungan. Rineka Cipta. Jakarta.