

Pemanfaatan Simbiosis Mikroorganisme B-DECO₃ dan Mikroalga *Chlorella sp* untuk Menurunkan Pencemaran Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit

Yelmira Zalfiatri¹, Fajar Restuhadi¹, Taufiq Maulana¹

¹ Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Kode Pos 28293, Indonesia
zalfiatri@gmail.com yelmira.zalfiatri@unri.ac.id

Abstract : The purpose of this research was to get the best treatment addition of microorganisms B-DECO₃ as a reducing agent contamination of waste pollution palm factory with the addition of microalgae *Chlorella sp*. This research used a Completely Randomized Design (CRD) with 5 treatments and 3 replications. The treatment used against waste pollution palm factory was P0 (without addition of B-DECO₃ microorganisms), P1 (addition 5ml/L of B-DECO₃ microorganisms), P2 (addition 10 ml/L of B-DECO₃ microorganisms), P3 (addition 15ml/L of B-DECO₃ microorganisms), P4 (addition 20 ml/L of B-DECO₃ microorganisms). The data obtained were analyzed statistically using Anova and DNMR at 5 % level. The result showed that the addition of microorganism B-DECO₃ had significant affect for COD, BOD, TSS, oil, and pH. The treatment chosen from the result of this research was the P4 treatment which had a value of COD (330,63 mg/L), BOD (94,53 mg/L), TSS (266,46 mg/L), Oil (2,50) and pH (8,64).

Key Words: Waste pollution palm factory, B-DECO₃, Microalgae *Chlorella sp*

Perkembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Hal ini disebabkan tingginya permintaan atas *Crude Palm Oil* (CPO) sebagai sumber minyak nabati dan penyediaan untuk *biofuel*. Berdasarkan buku statistik komoditas kelapa sawit terbitan Ditjen Perkebunan pada tahun 2014, luas areal kelapa sawit di Indonesia mencapai 10,9 juta Ha dengan produksi 29,3 juta ton CPO, sedangkan di Provinsi Riau merupakan provinsi yang memiliki lahan perkebunan terluas sebesar 2,30 juta Ha (Direktorat Jendral Perkebunan, 2014).

Pemerintah melalui Kementerian Lingkungan Hidup telah mengeluarkan peraturan Nomor Kep-51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri dan salah satunya adalah untuk industri minyak kelapa sawit, sehingga sebelum dibuang ke perairan limbah harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Pengolahan yang paling sederhana dan tidak membutuhkan biaya yang besar adalah pengolahan secara biologi. Metode pengelolaan air secara biologi dapat dilakukan dengan

menggunakan bakteri pengurai. Salah satu pemanfaatan bakteri pengurai yang telah dilakukan dengan pemanfaatan mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* yaitu Mardiyono (2009) yang telah melakukan penelitian untuk mereduksi logam berat krom (VI) pada limbah cair industri tekstil dengan perlakuan penambahan *Saccharomyces cerevisiae* 0 ml, 5 ml, 10ml, 15 ml, 20 ml dan 25 ml, penggunaan mikroorganisme B-DECO₃ dapat juga ditambahkan ke dalam limbah cair pabrik kelapa sawit. Mikroorganisme B-DECO₃ merupakan komposisi bakteri aktif yang menguntungkan dan mampu bekerja secara sinergis pada lingkungan air buangan sehingga kualitas air yang bersih dapat tercapai. Pada penelitian ini dilakukan penambahan B-DECO₃ dengan perlakuan 0 ml, 5 ml, 10 ml, 15 ml dan 20 ml, perlakuan dipilih untuk mendapatkan perlakuan terbaik penambahan B-DECO₃.

Bakteri pengurai memerlukan oksigen yang banyak untuk melakukan proses degradasi aerobik polutan organik serta menghasilkan CO₂ dari proses metabolisme sehingga memerlukan pasokan oksigen di dalam air. Mikroalga

Chlorella sp dapat menghasilkan oksigen untuk bakteri pengurai dengan cara fotosintesis dan membentuk biomassa dengan bantuan cahaya matahari, CO₂, nitrogen dan fosfor, sehingga terjadilah simbiosis antara bakteri pengurai dengan mikroalga *Chlorella* sp.

Chlorellasp dipilih sebagai sarana penanganan limbah cair pengolahan karena alga ini dapat tumbuh dan berkembang biak pada air kotor. Habibah (2011) telah melakukan penelitian dengan memanfaatkan alga *Chlorella pyrenoidosa* dalam pengolahan limbah cair kepala sawit. Hasil yang diperoleh berupa penggunaan 800 ml alga dengan konsentrasi optimum alga sebesar 277 mg/L. Pada hari ke 9 mampu mereduksi BOD dari 1.758,06 menjadi 16,50, COD dari 8.720 menjadi 166,07 dan TSS dari 3.751 menjadi 179,33. Kekurangan dari penelitian Habibah (2011) yaitu tanpa penambahan mikroorganisme pengurai sehingga memerlukan waktu yang cukup lama untuk mereduksi polutan limbah cair pabrik kelapa sawit, sehingga ditambahkan mikroorganisme B-DECO₃ untuk mempercepat proses reduksi. Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan penelitian dengan judul Pemanfaatan Simbiosis Mikroorganisme B-DECO₃ dan Mikroalga *Chlorella* sp untuk Menurunkan Pencemaran Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perlakuan terbaik penambahan mikroorganisme B-DECO₃ sebagai bahan pereduksi pencemaran limbah cair pabrik kelapa sawit dengan penambahan mikroalga *Chlorella* sp.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu. Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau, Laboratorium Unit Pelaksanaan Teknis Pengujian dan Material Dinas Bina Marga Pemerintah Provinsi Riau dan Laboratorium Perusahaan Dasar Air Minum Tampan pada bulan Agustus 2016 hingga Januari 2017.

Bahan dan Alat. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah limbah cair pabrik kelapa sawit diperoleh dari pabrik perkebunan kelapa sawit Riau, B-DECO₃ diperoleh dari CV. Surya Pratama Gemilang Bogor, kultur mikroalga *Chlorella* sp diperoleh dari Prof. Dr.

Ir. H. Tengku Dahril, M.Sc, mikroalga *Chlorella* sp yang digunakan dalam penelitian menggunakan *Chlorella* sp pada hari ke-7 dengan kelimpahan 1.704.000 sel/ml, aquadest, KNO₃, MgSO₄.7H₂O, K₂HPO₄, NaOH, HCL, H₂SO₄, seed BOD, K₂Cr₂O₇, HgSO₄, Ag₂SO₄, 1,10 *phenanthroline monohydrate*, FeSO₄.7H₂O, propanol dan Na₂SO₄.

Alat yang digunakan adalah timbangan analitik, aerator, selang aerator, lampu, jerigen limbah cair, *beakerglass*, gelas ukur, pipet tetes, *erlenmeyer*, batang pengaduk, botol winkler, DO meter, inkubator, tabung kok, labu ukur, COD reaktor, statip, buret, botol reagen, *aluminium foil*, corong pisah, pengaduk magnetik, pipet volum, gelas piala, kertas saring whatman grade 934 ah, penangas air, cawan petri, penjepit, oven, desikator, corong, pH meter dan sebagainya.

Metode Penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari lima perlakuan dan diulang sebanyak tiga kali sehingga total ada 15 unit percobaan.

Perlakuan mengacu pada Mardiyono (2009) dan Habibah (2011). Berikut adalah perlakuan:

- P0= Tanpa penambahan mikroorganisme B-DECO₃
- P1= penambahan mikroorganisme B-DECO₃ 5 ml
- P2= penambahan mikroorganisme B-DECO₃ 10 ml
- P3= penambahan mikroorganisme B-DECO₃ 15 ml
- P4= penambahan mikroorganisme B-DECO₃ 20 ml

Pelaksanaan Penelitian. Pengambilan sampel limbah cair dilakukan dengan teknik *grap sample* yaitu pengambilan yang dilakukan pada waktu dan titik yang sama, pengambilan sampel diperoleh dari pabrik perkebunan kelapa sawit pada kolam penampungan ke-3 dengan menggunakan jerigen. Waktu pengambilan sampel dilakukan pada jam 10.00 WIB, hal ini dilakukan karena aktivitas pabrik sudah berjalan.

Perbanyakan Mikroalga *Chlorella* sp. Kultur Mikroalga dan media kultur disiapkan kemudian dilakukan pencampuran dengan perbandingan 1 L media kultur ditambahkan dengan 50 ml kultur mikroalga.

Selama perbanyakannya dilakukan, mikroalga memerlukan intensitas cahaya antara 2.500 – 5.000 lux, hal ini dilakukan supaya mikroalga mendapatkan cahaya yang cukup untuk proses fotosintesis, aerasi juga perlu diberikan agar terjadi pencampuran air, sehingga semua sel mikroalga bisa mendapatkan nutrisi yang diperlukan dan aerasi memberikan kesempatan terjadinya pertukaran gas (Jusadi, 2003).

Perhitungan Kelimpahan *Chlorella* sp. Penghitungan kelimpahan sel *Chlorella* sp pada setiap tahap penelitian dilakukan dengan menggunakan kamar hitung *Haemocytometer Neubauer Improved*

Proses Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit. Sebelum limbah cair dimasukkan mikroalga *Chlorella* sp dan mikroorganisme B-DECO₃. Limbah cair kelapa sawit terlebih dahulu dianalisis (H₀) nilai pH, BOD, COD, TSS serta minyak. Wadah sebanyak 15 buah diisi dengan limbah cair kelapa sawit masing-masing sebanyak 1 L. Mikroalga *Chlorella* sp dimasukkan kedalam wadah sebanyak 800 ml. Mikroorganisme B-DECO₃ dimasukkan ke dalam wadah sesuai dengan perlakuan, adapun perlakuan yang digunakan antara lain 0 ml, 5 ml, 10 ml, 15 ml dan 20 ml. Ditambah aquadest sampai batas tera. Wadah diaduk 1 kali sehari agar tidak terjadi pengendapan. Analisis kadar pencemar limbah cair dilakukan pada hari ke-0 sebelum diinokulasi mikroorganisme B-DECO₃ dan *Chlorella* sp dan setelah diinokulasi mikroorganisme B-DECO₃ dan mikroalga *Chlorella* sp pada 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_{ij} : Nilai pengamatan perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

μ : Rata-rata nilai dari seluruh perlakuan

τ_i : Pengaruh perlakuan ke-i

Σij : 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 $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ pada taraf uji 5% maka perlakuan berpengaruh nyata dan analisis akan dilanjutkan dengan uji DNMRT pada taraf 5%, jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ pada taraf uji 5% maka

perlakuan berbeda tidak nyata maka analisis tidak dilanjutkan.

HASIL

Karakteristik Bahan Baku. Limbah cair pabrik kelapa sawit diduga mengandung bahan organik yang tinggi. Penelitian ini menggunakan limbah cair pabrik kelapa sawit yang diambil dari kolam tiga. Merujuk baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri, limbah yang mengandung bahan organik tinggi akan memiliki nilai BOD, COD, TSS, dan kandungan minyak yang tinggi. Hasil pengukuran nilai BOD, COD, TSS, minyak, dan pH limbah cair kelapa sawit sebelum dilakukan pengolahan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran parameter limbah cair pabrik kelapa sawit

Parameter pengamatan	Hasil pengukuran	Baku KEPMENLH1995	Mutu
COD (mg/L)	1920,00	Maks 500	
BOD (mg/L)	754,90	Maks 250	
TSS (mg/L)	3670,00	Maks 300	
Minyak (mg/L)	14,00	Maks 30	
pH	7,77	6-9	

Data Tabel 1 menunjukkan limbah cair kelapa sawit pada kolam tiga dari empat kolam penampungan masih memiliki cemaran yang tinggi. Hal ini dapat dilihat dari nilai COD, BOD, dan TSS yang tinggi yang masih sangat jauh dari nilai baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri, tetapi memiliki kandungan minyak dan nilai pH dari limbah cair kelapa sawit sudah memenuhi baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri.

COD (Chemical Oxygen Demand). Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi mikroorganisme B-DECO₃ berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai COD limbah cair pabrik kelapa sawit (Lampiran 3). Rata-rata nilai COD limbah cair pabrik kelapa sawit setelah dilakukan pengolahan yang dihasilkan dari hasil uji lanjut dengan DNMRT pada taraf 5% disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata nilai COD limbah cair pabrik kelapa sawit pada hari ke 7 setelah dilakukan pengolahan (mg/L)

Perlakuan	Rata-rata
P ₀ (tanpa penambahan B-DECO ₃)	661,50 ^e
P ₁ (penambahan B-DECO ₃ 5 ml)	615,13 ^d
P ₂ (penambahan B-DECO ₃ 10 ml)	558,43 ^c
P ₃ (penambahan B-DECO ₃ 15 ml)	382,46 ^b
P ₄ (penambahan B-DECO ₃ 20 ml)	330,63 ^a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama, berbeda tidak nyata (P>0,05).

Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi mikroorganisme B-DECO₃ berbeda nyata terhadap nilai COD limbah cair pabrik kelapa sawit setelah dilakukan pengolahan pada hari ke 7 pada perlakuan P₀, P₁, P₂, P₃, dan P₄. Rata-rata nilai COD yang dihasilkan berkisar antara 330,63-661,50 mg/L. Nilai COD berdasarkan baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri KEPMENLH (1995) maksimal 500 mg/L. Data pada Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai COD yang dapat memenuhi baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri adalah perlakuan P₃ penambahan 15 ml mikroorganisme B-DECO₃ dan perlakuan P₄ penambahan 20 ml mikroorganisme B-DECO₃.

BOD (Biological Oxygen Demand)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi mikroorganisme B-DECO₃ berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap nilai BOD limbah cair pabrik kelapa sawit (Lampiran 4). Rata-rata nilai BOD limbah cair pabrik kelapa sawit setelah dilakukan pengolahan yang dihasilkan dari hasil uji lanjut dengan DNMRT pada taraf 5% disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata nilai BOD limbah cair pabrik kelapa sawit pada hari ke 7 setelah dilakukan pengolahan (mg/L)

Perlakuan	Rata-rata
P ₀ (tanpa penambahan B-DECO ₃)	428,03 ^e
P ₁ (penambahan B-DECO ₃ 5 ml)	409,06 ^d
P ₂ (penambahan B-DECO ₃ 10 ml)	325,43 ^c
P ₃ (penambahan B-DECO ₃ 15 ml)	109,73 ^b
P ₄ (penambahan B-DECO ₃ 20 ml)	94,53 ^a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama, berbeda tidak nyata (P>0,05).

Tabel 3 menunjukkan bahwa konsentrasi mikroorganisme B-DECO₃ berbeda nyata terhadap nilai BOD limbah cair pabrik kelapa sawit setelah dilakukan pengolahan pada perlakuan P₀, P₁, P₂, P₃, dan P₄. Rata-rata nilai BOD yang dihasilkan berkisar antara 94,53-

428,03 mg/L. Nilai BOD berdasarkan baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri sebesar 250 mg/L. Data pada Tabel 9 menunjukkan bahwa nilai BOD yang dapat memenuhi baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri adalah perlakuan P₃ dengan penambahan 15 ml B-DECO₃ dan perlakuan P₄ dengan penambahan 20 ml B-DECO₃.

TSS (Total Suspended Solid). Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi mikroorganisme B-DECO₃ berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap nilai TSS limbah cair pabrik kelapa sawit. Rata-rata nilai TSS limbah cair pabrik kelapa sawit setelah dilakukan pengolahan yang dihasilkan dari hasil uji lanjut dengan DNMRT pada taraf 5% disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata nilai TSS limbah cair pabrik kelapa sawit pada hari ke 7 setelah dilakukan pengolahan (mg/L)

Perlakuan	Rata-rata
P ₀ (tanpa penambahan B-DECO ₃)	494,36 ^e
P ₁ (penambahan B-DECO ₃ 5 ml)	454,93 ^d
P ₂ (penambahan B-DECO ₃ 10 ml)	404,66 ^c
P ₃ (penambahan B-DECO ₃ 15 ml)	380,43 ^b
P ₄ (penambahan B-DECO ₃ 20 ml)	266,46 ^a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama, berbeda tidak nyata (P>0,05).

Tabel 4 menunjukkan bahwa konsentrasi mikroorganisme B-DECO₃ berbeda nyata terhadap nilai TSS limbah cair pabrik kelapa sawit setelah dilakukan pengolahan pada perlakuan P₀, P₁, P₂, P₃, dan P₄ dengan rata-rata nilai TSS yang dihasilkan berkisar antara 266,46-493,36 mg/L, sedangkan nilai TSS awal limbah cair pabrik kelapa sawit sebesar 3670 mg/L (Tabel 1). Nilai TSS berdasarkan baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri KEPMENLH (1995) sebesar 300 mg/L. Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai TSS yang dapat memenuhi baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri adalah perlakuan P₄ dengan penambahan 20 ml B-DECO₃.

Minyak. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi mikroorganisme B-DECO₃ berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap kandungan minyak limbah cair pabrik kelapa sawit. Rata-rata kandungan minyak limbah cair pabrik kelapa sawit setelah dilakukan pengolahan yang

dihasilkan dari hasil uji lanjut dengan DNMRT pada taraf 5% disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata kandungan Minyak limbah cair pabrik kelapa sawit pada hari ke 7 setelah dilakukan pengolahan (mg/L)

Perlakuan	Rata-rata
P ₀ (tanpa penambahan B-DECO ₃)	11,33 ^e
P ₁ (penambahan B-DECO ₃ 5 ml)	7,67 ^d
P ₂ (penambahan B-DECO ₃ 10 ml)	6,00 ^c
P ₃ (penambahan B-DECO ₃ 15 ml)	3,67 ^b
P ₄ (penambahan B-DECO ₃ 20 ml)	2,50 ^a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama, berbeda tidak nyata (P>0,05).

Tabel 5 menunjukkan bahwa konsentrasi mikroorganisme B-DECO₃ berbeda nyata terhadap kandungan minyak limbah cair kelapa sawit setelah dilakukan pengolahan pada perlakuan P₀, P₁, P₂, P₃, dan P₄ dengan rata-rata kandungan minyak yang dihasilkan berkisar antara 2,50-11,33 mg/L, sedangkan kandungan minyak awal limbah cair pabrik kelapa sawit sebesar 14 mg/L (Tabel 1).

Kandungan minyak berdasarkan baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri KEPMENLH (1995) sebesar 30 mg/L. Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa kandungan minyak yang dapat memenuhi baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri adalah perlakuan P₀ tanpa penambahan B-DECO₃, P₁ dengan penambahan 5 ml B-DECO₃, P₂ dengan penambahan 10 ml B-DECO₃, P₃ dengan penambahan 15 ml B-DECO₃ dan perlakuan P₄ dengan penambahan 20 ml B-DECO₃.

Derajat Keasaman (pH). Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi mikroorganisme B-DECO₃ berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap nilai pH limbah cair pabrik kelapa sawit. Rata-rata nilai pH limbah cair pabrik kelapa sawit setelah dilakukan pengolahan yang dihasilkan dari hasil uji lanjut dengan DNMRT pada taraf 5% disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata nilai pH limbah cair pabrik kelapa sawit pada hari ke 7 setelah dilakukan pengolahan

Perlakuan	Rata-rata
P ₀ (tanpa penambahan B-DECO ₃)	8,36 ^a
P ₁ (penambahan B-DECO ₃ 5 ml)	8,60 ^b
P ₂ (penambahan B-DECO ₃ 10 ml)	8,61 ^b
P ₃ (penambahan B-DECO ₃ 15 ml)	8,61 ^b
P ₄ (penambahan B-DECO ₃ 20 ml)	8,64 ^c

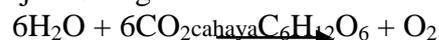
Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama, berbeda tidak nyata (P>0,05).

Tabel 6 menunjukkan bahwa konsentrasi mikroorganisme B-DECO₃ berbeda nyata terhadap nilai pH limbah cair pabrik kelapa sawit setelah dilakukan pengolahan pada perlakuan P₀, P₁, P₂, P₃, dan P₄ dengan rata-rata nilai pH yang dihasilkan berkisar antara 8,36-8,64 sedangkan nilai pH awal limbah cair pabrik kelapa sawit sebesar 7,7 (Tabel 1). Nilai pH berdasarkan baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri KEPMENLH (1995) antara 6-9. Data pada Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai pH yang dapat memenuhi baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri adalah perlakuan P₀ tanpa penambahan B-DECO₃, P₁ dengan penambahan 5 ml B-DECO₃, P₂ dengan penambahan 10 ml B-DECO₃, P₃ dengan penambahan 15 ml B-DECO₃ dan perlakuan P₄ dengan penambahan 20 ml B-DECO₃.

PEMBAHASAN

COD (Chemical Oxygen Demand). Chemical Oxygen Demand merupakan oksigen yang dibutuhkan bahan kimia (Cr₂O₇) untuk mereduksi bahan organik dan anorganik yang terdapat dalam sampel, sehingga semakin banyak bahan organik yang diuraikan oleh mikroorganisme B-DECO₃ maka semakin kecil nilai COD yang dihasilkan. Penurunan nilai COD pada penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan penelitian Robbanatun (2016). Hal ini dikarenakan mikroorganisme B-DECO₃ merupakan bakteri yang dapat menguraikan bahan organik dan anorganik yang terdapat dalam limbah, sehingga mikroorganisme B-DECO₃ lebih besar dalam menurunkan nilai COD.

Kebutuhan oksigen yang banyak dalam mengoksidasi bahan organik dapat dihasilkan dari proses fotosintesis mikroalga *Chlorella* sp, sehingga terjadinya simbiosis antara mikroorganisme B-DECO₃ dengan mikroalga *Chlorella* sp. Adapun reaksi fotosintesis yang terjadi sebagai berikut:



Adapun jenis mikroorganisme dan peranan masing-masing mikroorganisme yang terdapat di dalam mikroorganisme B-DECO₃ dan EM₄ dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Jenis dan fungsi mikroorganisme B-DECO₃

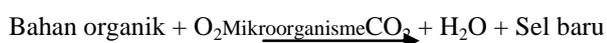
B-DECO ₃	Peranan
<i>Aerobacter</i> sp	Membusukkan bahan organik
<i>Nitrosomonas</i> sp	Merubah amoniak menjadi nitrit (Widjaja. 2012)
<i>Nitrobacter</i> sp	Merubah nitrit menjadi nitrat (Widjaja. 2012)
<i>Pseudomonas</i> sp	Menguraikan trigliserida menjadi asam lemak bebas
<i>Bacillus</i> sp	Mengurai bahan organik

BOD (*Biological Oxygen Demand*).

Penurunan nilai BOD diakibatkan oleh semakin meningkatnya mikroorganisme B-DECO₃ yang ditambahkan. Hal ini disebabkan oleh terjadinya penguraian bahan organik oleh mikroorganisme yang terdapat di dalam B-DECO. Mikroorganisme B-DECO₃ merupakan bakteri aerob yang dapat menguraikan bahan organik yang terdapat di dalam limbah. Hal ini sejalan dengan penelitian Robbanatun (2016) dimana semakin banyak EM₄ yang ditambahkan, maka semakin kecil nilai BOD limbah cair hasil pengolahan. Semakin lama waktu pengolahan limbah cair maka semakin besar penurunan nilai BOD.

Nilai BOD lebih kecil dibandingkan dengan penelitian Robbanatun (2016). Hal ini dikarenakan kandungan mikroorganisme yang terdapat di dalam EM₄ merupakan bakteri yang banyak memanfaatkan bahan organik dalam menguraikan limbah, sedangkan mikroorganisme B-DECO₃ merupakan bakteri yang memanfaatkan bahan organik dan bahan anorganik yang terdapat dalam limbah. Sehingga penggunaan EM₄ sebagai pendegradasi dapat menurunkan nilai BOD lebih besar dibandingkan mikroorganisme B-DECO₃.

Menurut Widjaja (2012), mikroorganisme pada air limbah akan mengoksidasi bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai agen pengoksidasian. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:



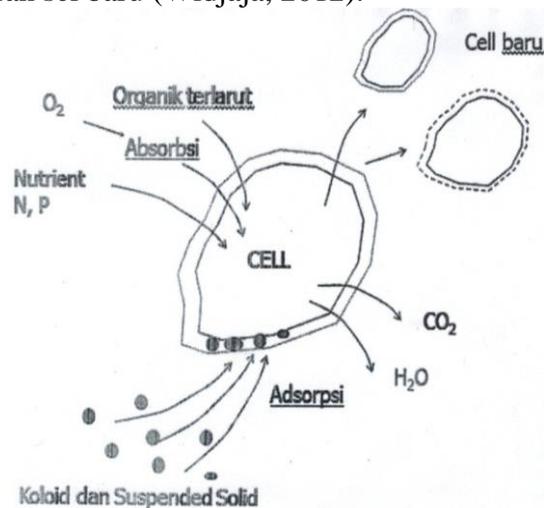
Mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik menyebabkan hilangnya oksigen terlarut dalam air. Kebutuhan oksigen yang banyak dalam menguraikan bahan organik dapat

dihasilkan dari proses fotosintesis mikroalga *Chlorella* sp, sehingga terjadinya simbiosis antara mikroorganisme B-DECO₃ dengan mikroalga *Chlorella* sp.

TSS (*Total Suspended Solid*).

Penambahan mikroorganisme B-DECO₃ yang semakin meningkat menyebabkan turunnya nilai TSS. Hal ini dikarenakan terjadinya penguraian bahan organik dan bahan anorganik oleh mikroorganisme. Hal ini sejalan dengan penelitian Robbanatun (2016), dimana semakin banyak EM₄ yang ditambahkan maka semakin kecil nilai TSS limbah cair hasil pengolahan. Menurunnya nilai TSS diakibatkan oleh terjadinya penguraian bahan organik oleh mikroorganisme yang terdapat di dalam B-DECO₃. Semakin lama waktu pengolahan limbah cair maka semakin besar penurunan TSS yang akan terjadi.

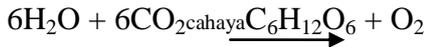
Pada TSS terdapat fasa padat yang merupakan fase dimana mikroorganisme akan mengalami proses absorpsi. Oksigen dibutuhkan mikroorganisme untuk keperluan proses degradasi bahan organik dan pertumbuhan sel. Terjadinya difusi cair menjadi padat dari bahan organik dan nutrien, serta terjadinya proses adsorpsi koloid dan padatan tersuspensi oleh mikroorganisme untuk menghasilkan produk penguraian bahan organik berupa H₂O, CO₂, dan sel baru (Widjaja, 2012).



Gambar 1. Mekanisme perpindahan masa dan reaksi proses biologis aerobik
Sumber: Widjaja (2012).

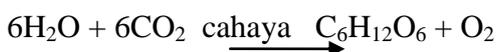
Kebutuhan oksigen yang banyak dalam mengoksidasi bahan organik dapat dihasilkan dari proses fotosintesis mikroalga *Chlorella* sp, sehingga terjadinya simbiosis antara mikroorganisme B-DECO₃ dengan mikroalga

Chlorella sp. Adapun reaksi fotosintesis yang terjadi sebagai berikut:



Minyak. Bakteri yang dapat menguraikan minyak antara lain *Bacillus* sp dan *Pseudomonas* sp. Mikroorganisme B-DECO₃ yang mampu mendegradasi dari minyak seperti *Bacillus* sp dan *Pseudomonas* sp. *Pseudomonas* sp merupakan bakteri yang dapat mengurai kandungan minyak limbah cair kelapa sawit. Hal ini sejalan dengan penelitian Priyani dkk. (2002) menyatakan bahwa *Pseudomonas* sp banyak ditemukan pada limbah cair pabrik kelapa sawit di Medan, pengujian terhadap aktivitas enzim lipase ekstrak dari spesies tersebut menunjukkan bahwa enzim tersebut mampu menguraikan trigliserida (minyak zaitun) menjadi asam lemak bebas.

Selain itu, *Bacillus* sp yang terdapat di dalam mikroorganisme B-DECO₃ juga dapat mengurai kandungan minyak limbah cair kelapa sawit. Hal ini sejalan dengan penelitian Darmayasa (2008) yang menunjukkan bahwa hanya bakteri *Bacillus* dan *Pseudomonas* yang mampu tumbuh kembali pada uji balik. Bakteri membutuhkan oksigen dalam menguraikan bahan organik, kebutuhan oksigen yang banyak dalam mengoksidasi bahan organik dapat dihasilkan dari fotosintesis mikroalga *Chlorella* sp. Adapun reaksi fotosintesis yang terjadi sebagai berikut:



Berdasarkan hasil analisis kandungan minyak terjadi penurunan kandungan minyak dari 14 mg/L menjadi 2,50 mg/L atau terjadi penurunan sebesar 82,1%. Hal ini hampir sama dengan penelitian Romyanto dkk. (2006) yang menunjukkan bahwa kandungan minyak dengan penambahan 500 ml *Pseudomonas putida* menurunkan kandungan minyak sebanyak 45,99%. Penurunan kandungan minyak lebih besar yaitu 82,1% dikarenakan di dalam mikroorganisme B-DECO₃ terdapat bakteri *Bacillus* sp dan *Pseudomonas* sp yang mampu menguraikan kandungan minyak yang terdapat di dalam limbah.

Derajat Keasaman (pH). Peningkatan nilai pH disebabkan oleh meningkatnya mikroorganisme B-DECO₃ yang ditambahkan. Semakin banyak bahan organik yang diuraikan oleh mikroorganisme menyebabkan semakin banyak CO₂ yang dihasilkan. Karbondioksida mempengaruhi nilai pH yang dihasilkan, karena semakin banyak CO₂ di dalam air maka semakin banyak asam karbonat yang terbentuk, sehingga pH mengalami penurunan, CO₂ yang dihasilkan oleh mikroorganisme dimanfaatkan mikroalga *Chlorella* sp untuk melakukan fotosintesis, sehingga terjadi penurunan CO₂ yang menyebabkan nilai pH mengalami peningkatan. Karbondioksida bebas merupakan jenis karbon anorganik utama yang dibutuhkan mikroalga. Mikroalga juga menggunakan ion karbonat (CO₃⁻) dan ion bikarbonat (HCO₃). Penyerapan CO₂ bebas dan bikarbonat oleh mikroalga menyebabkan penurunan konsentrasi CO₂ terlarut dan mengakibatkan peningkatan nilai pH (Sze dkk., 1993).

Berdasarkan hasil analisis nilai pH pada hari ke 7 terjadi peningkatan nilai pH dari karakteristik bahan baku sebesar 7,77 menjadi 8,73. Hal ini hampir sama dengan hasil penelitian Habibah (2011) menunjukkan bahwa nilai pH perlakuan terbaik dengan penambahan mikroalga 800 ml/L dengan dua kali pengenceran limbah dapat menurunkan nilai pH dari karakteristik bahan baku sebesar 8,80 menjadi 9,37. Peningkatan pada penelitian ini lebih kecil dikarenakan pada penelitian Habibah (2011) hanya menggunakan mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* dalam pengolahan limbah cair kelapa sawit, sehingga mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* memanfaatkan CO₂ yang terdapat dalam limbah untuk melakukan proses fotosintesis. Semakin banyak penyerapan CO₂ oleh mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* menyebabkan nilai pH mengalami peningkatan.

Penentuan Perlakuan Terpilih. Setiap limbah cair yang dihasilkan, sebelum dibuang ke perairan harus memenuhi baku mutu. Baku mutu limbah cair industri KEPMENLH (1995) diantaranya COD, BOD, TSS, minyak dan pH. Hasil rekapitulasi semua data analisis di setiap perlakuan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi data analisis perlakuan terpilih

Parameter	Perlakuan				
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
COD	615,13 ^c	615,13 ^d	558,43 ^c	382,46^b	330,63^a
BOD	428,03 ^e	409,06 ^d	325,43 ^c	109,73^b	94,53^a
TSS	494,36 ^e	454,93 ^d	404,66 ^c	380,43 ^b	266,46^a
Minyakp	11,33^e	7,67^d	6,00^c	3,67^b	2,50^a
H	8,36^a	8,60^b	8,61^b	8,61^b	8,64^c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama, berbeda tidak nyata ($P > 0,05$).

Berdasarkan Tabel 8 diketahui bahwa standar nilai BOD yang ditetapkan oleh baku mutu limbah cair industri yaitu maksimal 250 mg/L. Perlakuan P₃ dan P₄ telah memenuhi baku mutu limbah cair industri yaitu 109,73-94,53 mg/L. Standar nilai COD yang ditetapkan oleh baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri yaitu maksimal 500 mg/L. Perlakuan P₃ dan P₄ memenuhi baku mutu limbah cair industri yaitu 382,46-330,63 mg/L. Standar nilai TSS yang ditetapkan oleh baku mutu limbah cair industri yaitu maksimal 300 mg/L. Perlakuan P₄ memenuhi baku mutu limbah cair industri yaitu 266,46 mg/L. Sedangkan kandungan minyak dan nilai pH yang ditetapkan baku mutu limbah cair industri yaitu maksimal kandungan minyak 30 mg/L dan nilai pH 6-9. Setiap perlakuan telah memenuhi baku mutu limbah cair industri.

Dilihat dari nilai COD, BOD dan TSS yang terbaik adalah perlakuan P₄, sehingga untuk kandungan minyak dan nilai pH yang dipilih adalah perlakuan P₄. Berdasarkan hal tersebut maka dipilih perlakuan terbaik yaitu perlakuan P₄ (Penambahan mikroorganisme B-DECO₃ 20 ml) yang dapat menurunkan nilai COD 82,7%; nilai BOD 87,4%; nilai TSS 92,7%; kandungan minyak 82,1% dan meningkatkan nilai pH dari 7,77 menjadi 8,64.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Semakin banyak mikroorganisme B-DECO₃ yang ditambahkan memberikan pengaruh yang nyata ($P > 0,05$) terhadap nilai BOD, COD, TSS, Minyak dan pH.

Perlakuan terbaik yang diperoleh pada penelitian ini adalah penambahan mikroorganisme B-DECO₃ 20 ml (P₄) dan mikroalga *Chlorella* sp 800 ml (kelimpahan 1.704.000 sel/ml) dapat menurunkan COD 82,7%, BOD 87,4%, TSS 92,7%, Minyak 82,1% dan meningkatkan pH dari 7,77 menjadi

8,64. Perlakuan sudah memenuhi baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri KEPMENLH (1995).

Hasil pengujian jauh dibawah standar baku mutu limbah cair industri sehingga dapat dilakukan penelitian lebih lanjut pada kolam penampungan limbah yang memiliki tingkat pencemaran yang lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1990. Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 Tentang Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta.
- _____. 1995. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri. Jakarta.
- _____. 2001. Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta.
- Azwir. 2006. Analisa pencemaran air sungai tapung kiri oleh limbah industri kelapa sawit PT. Peputra Masterindo di Kabupaten Kampar. Thesis. Pascasarjana Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Becker, E. W. 1994. *Oil production*. In: *Baddiley, et al., editors. Microalgae: biotechnology and microbiology*. Cambridge University Press.
- Borowitzka dan A. Michael. 2011. *Biotechnological and Environmental Application of Microalgae*. <http://www.bsb.murdoch.edu.au/groups/beam/BEAMHOME.html>. Diakses pada tanggal 27 April tahun 2016.
- Cardozo, A. P., J. G. F. Bersano, dan W. J. A. Amaral. 2007. *Composition, density and biomass of zooplankton in culture ponds of *litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaidae) in Southern Brazil*. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology. Vol. 11 (1) : 13-20.

- Chisti dan Yusuf. 2007. *Biodiesel from Microalgae*. Biotechnology Advances. Vol. 25 (2) : 294-306
- Cohen, Y. 2002. *Bioremediation of oil by marine microbial mats*. Journal Int Microbiol. Vol. 5 (1) : 189-193.
- CV. Surya Pratama Gemilang. 2016. B-DECO₃. <http://www.suryapratamagemilang.co.id/indexfiles/Page694.htm>. Diakses tanggal 27 April tahun 2016.
- Dahril, T. 1996. Rotifer, Biologi dan Pemanfaatannya. Unri Press. Pekanbaru.
- Darmayasa, I. B. G. 2008. Isolasi dan identifikasi bakteri pendegradasi lipid (lemak) pada beberapa tempat pembuangan limbah dan estuari dan. Denpasar. Jurnal Bumi Lestari. Vol. 8 (2) : 122-127.
- Daryanto. 1995. Masalah Pencemaran. Tarsito. Bandung.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2014. Produksi, Produktivitas dan Luas lahan Kelapa Sawit. Jakarta.
- Ditjen PPHP. 2006. Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit. Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Doraja, P. H., M. Shovitri, dan N. D. Kuswytasari. 2012. Biodegradasi limbah domestik dengan menggunakan inokulum alami dari tangki septik. Jurnal Sains dan Seni. Vol. 1 (1) : 12-20.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Fogg, G. E. dan B. Thake. 1987. *Algaecultures and Phytoplankton Ecology*. 3rd ed. Wisconsin. University Wisconsin Press. Madison.
- Guo, L. B. dan R. E. H. Sim. 2001. *Effect of light, temperature, water and meatwork effluent irrigation on eucalypt leaf litter decomposition under controlled environmental conditions*. Applied Soil Ecology. Vol. 17 (2) : 229-237.
- Haberl, R dan H. Langergraber. 2002. Constructed Wetlands : a chance to solve wastewater problems in developing countries. Journal Sciences Technology. Vol. 40 (2) : 11-17.
- Habibah, Z, E. 2011. Potensi pemanfaatan alga *Chlorella pyrenoidosa* dalam pengolahan limbah cair kelapa sawit. Thesis. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau. Pekanbaru.
- Hardiyanto dan A. Maulana. 2012. Mikroalga Sebagai Sumber Pangan dan Energi Masa Depan. UPT UNDIP press. Semarang.
- Hadiyanto, M., M. A. Nur, dan G. D. Hartanto. 2012a. *Cultivation of Chlorella sp. as Biofuel Sources in palm oil mill effluent (POME)*. Int. Journal of Renewable Energy Development. Vol. 1 (2) : 45-49.
- Helard, D., P. S. Komala, dan D. Delimas. 2012. Identifikasi mikroba anaerob dominan pada pengolahan limbah cair pabrik karet dengan sistem *multi soil layering* (MSL). Jurnal Teknik Lingkungan. Vol. 9 (1) : 74-88.
- Hindarko, S. 2003. Mengolah Air Limbah Supaya Tidak Mencemari Orang Lain. Edisi Pertama. Esha. Jakarta
- Hirayama, K. 1987. *An approach from the physiological aspect to the problems in present mass culture technique of the rotifer*. Faculty of fisheries. Nagasaki University. Nagasaki.
- Irianto, D. 2011. Pemanfaatan mikroalga laut *scenedesmus* sp sebagai penyerap bahan kimia berbahaya dalam air limbah industri. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Isnadina, D. R. M. dan W. Herumurti. 2012. Pengaruh waktu kontak dan pencahayaan alami pada kemampuan high rate algal reactor (HRAR) dalam penurunan bahan organik air limbah perkotaan. Jurnal Teknik Pomits. Vol. 1 (1) : 1-4.
- Jusadi, D. 2003. Modul : Budidaya Pakan Alami Air Tawar (Budidaya *Chorella*). Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Kawaroe, M. 2010. Mikroalga, Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar. IPB Press. Bogor.
- Mahajoeno, E. 2011. Energi Terbarukan Dari Limbah Pabrik Kelapa Sawit. Limbah Pabrik Kelapa Sawitdibuat untuk Energi Terbarukan. Alpen Steel. Bandung.

- Mara, D. 1976. *Sewerage Treatment in Hot Climate*. John Wiley and Sons. New York.
- Mardiyono. 2009. Aplikasi mikroba *Saccharomyces cerevisiae* dalam mereduksi logam berat krom (IV) pada limbah cair industri tekstil. *Jurnal Biomedika*. Vol. 12 (2) : 51-66
- Metcalf dan Eddy. 1991. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*. McGraw-Hill Book Company. New Delhi.
- Mulyaningsih, D. 2013. Pengaruh EM-4 terhadap penurunan kadar COD pada limbah cair industri tahu. Skripsi. Universitas Muhamadiyah Surakarta. Surakarta.
- Munawaroh, U., M. Sutisna, dan K. Pharmawati. 2013. Penyisihan parameter pencemar lingkungan pada limbah cair industri tahu menggunakan efektif mikroorganisme 4 (EM4) serta pemanfaatannya. *Jurnal Sains dan Teknologi*. Vol. 1 (2) : 33-44.
- Pahaja, V. M., M. U. Dahot, dan M. A. Sethar. 2001. *Characteristic properties of lipase crude extract of (Caesalpinia bonducella L) seeds*. *Journal of Biological Sciences*. Vol. 1 (2) : 775-778.
- Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Prihantini, N. B., B. Putri, dan R. Yuniati. 2005. Pertumbuhan *Chlorella* sp dalam medium ekstrak tauge (met) dengan variasi pH awal. *Jurnal Makara Sains*. Vol. 9 (1) : 1-6.
- Priyani, N., Jamilah dan Mizarwati. 2002. Aktivitas enzim lipase ekstrak *Pseudomonas* sp dalam meguraikan minyak limbah cair kelapa sawit pengaruh konsentrasi substrat. Laporan Penelitian. Universitas Sumatra Utara. Medan
- Rizky, K. A. 2013. Pengaruh penambahan EM-4 terhadap penurunan BOD limbah cair tahu. Skripsi. Univeritas Muhamadiyah Surakarta. Surakarta
- Robbanatun. 2016. Simbiosis mutualisme EM₄ dan mikroalga (*Chlorella* sp) dalam menurunkan polutan limbah cair kelapa sawit (Technical Report). Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Riau. Pekanbaru
- Romyanto, M. E. W., Wiranto dan Sajidan. 2006. Pengolahan limbah domestik dengan aerasi dan penambahan bakteri *Pseudomonas putida*. *Jurnal Bioteknologi*. Vol. 3 (2) : 42-49.
- Said, N. I., W. Widayat., A. Herlambang, dan E. C. Machdar. 2002. Aplikasi Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Tekstil. BPPT. Jakarta.
- Sana, N. K., I. Hossin., E. M. Haque, dan R. K. Shaha. 2004. *Identification, purification and characterization of lipase from germination oil seed (Brassica napus L)*. *Journal of Biological Sciences*. Vol. 7 (2) : 246-252.
- Schnoor, J. L. dan S. C. Cutcheon. 2005. *Phytoremediation Transformation and Control of Contaminants*. Wiley-Interscience Inc. USA.
- Situmorang, M. 2007. *Kimia Lingkungan*, cetakan I. UNIMED Press. Medan Hal : 45,115.
- Su'i, M., Harijono., Yunianta dan Aulani'am. 2010. Hidrolisis enzim lipase dari ketos kelapa terhadap minyak kelapa. *Jurnal Agritechnology*. Vol. 30 (3) : 1-10.
- Susilo, F. A. P., B. Suharto, dan L. D. Susanawati. 2015. Pengaruh variasi waktu tinggal terhadap kadar BOD dan COD limbah tapioka dengan metode rotating biological contactor. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. Vol. 2 (1) : 21-26.
- Syahputra, B. 2002. Pemanfaatan algae *Chlorella pyrenoidosa* untuk menurunkan tembaga (Cu) pada industri pelapisan logam. Skripsi Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung. Semarang.
- Sze, P. 1993. *A Biology of the Algae* 2nd ed Wm C. Brown Publishers. Dubuque.
- Widjaja, T. 2012. *Pengolahan Limbah Industri (Proses Biologis)*. ITS Press. Surabaya.
- Zahidah, D. dan M. Shovitri. 2013. Isolasi, karakterisasi dan potensi bakteri aerob sebagai pendegradasi limbah organik. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. Vol. 2 (1) 2337-3520.