

**SIMBIOSIS MUTUALISME MIKROALGE *Chlorella* sp DENGAN
BAKTERI PENGURAI B-DECO₃ DALAM MENURUNKAN KADAR
POLUTAN LIMBAH CAIR SAGU**

***Chlorella* sp SYMBIOTIC MUTUALISM MIKROALGE WITH BACTERIA
DECOMPOSING B-DECO₃ IN REDUCING WASTE SAGO LEVELS OF
POLLUTANTS**

Jekson Pasaribu¹, Fajar Restuhadi², Yelmira Zalfiatri²

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian,
Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Kode Pos 28293, Pekanbaru
Jeksonpasaribu44@gmail.com

ABSTRACT

Liquid waste containing high levels of pollutants sago, so need to do processing of biological, physical and chemical. This research was to study the symbiotic system of a complex microorganisms contained in B-DECO₃ 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 method used in the experiment with completely randomized design (CRD) comprised of 5 treatments and 3 replications. The treatments were concentration variations of microorganisms B-DECO₃ (0, 0.27, 0.55, 0.82 and 1.09 per cent v/v, respectively) with 800 ml/L (6.6×10^6 cell/ml) microalgae *Chlorella* sp. added up with waste sago milling effluent 1 liters of the liquid. Observations were made on day 0 and day to-7, except for the parameters pH, DO, and an abundance of cells is done every day. Data were analyzed statistically using Analysis of Variance (ANOVA) and Duncan's Multiple Range Test (DNMRT) at 5% level. The results showed the role of symbiotic mutualism can reduce levels of pollutants wastewater sago. The best treatment is the addition of bacterial decomposition P4 B-DECO₃ *Chlorella* sp 20 ml and 800 ml (abundance of 6.6×10^6 cells / mL). P4 treatment lowers the value of COD 90.29%, 82.74% BOD, TSS 84.52%, 82.85% Nitrate and Phosphate 98.66%, and increasing the pH value of 97.56%, 73.82% DO, and cell abundance 72.44% *Chlorella* sp.

Keywords: B-DECO₃ microorganisms, Microalgae *Chlorella* sp, liquid waste sago

PENDAHULUAN

Proses pengolahan sagu membutuhkan air sebanyak 41.943,4 liter untuk dapat menghasilkan 300 kilogram tepung sagu. 24.543,6 liter air dalam produksi sagu akan membentuk pati, 0.420,9 liter air terbawa bersama ampas, dan sebanyak 14.335,9 liter air terbuang sebagai limbah cair sagu yang akan mencemari lingkungan (Rasyad, 2011). Kandungan polutan limbah cair sagu mengandung BOD yang sangat tinggi mencapai nilai 231,5 ml/L, memiliki kandungan COD mencapai nilai 2.636 ml/L, dan pH limbah cair sagu mencapai 4,68 (Dinas Bina Marga, 2016). Bakteri mempunyai kemampuan dalam mendegradasi bahan organik limbah cair sagu. Bakteri sebagai pendegradasi untuk merombak bahan organik menjadi CO₂, dan CO₂ dimanfaatkan oleh mikroalga sebagai sumber utama karbon dan melepas O₂ dalam mekanisme fotosintesis. Bakteri yang aktif digunakan sebagai pengurai bahan organik secara aerob. Bakteri pengurai yang telah aktif tanpa melalui proses aktifasi adalah bakteri pengurai B-DECO₃. Adapun kandungan bakteri pengurai B-DECO₃ terdiri dari *Aerobacter* sp, *Nitribacter* sp, *Nitrosomonas* sp, *Pseudomonas* sp, dan *Bacillus* sp. Bakteri pengurai membutuhkan Oksigen dalam jumlah yang banyak sehingga dibutuhkan mikroorganisme fotosintetik sebagai suplai Oksigen. Selanjutnya dikembangkan menggunakan mikroorganosme fotosintetik. Mikroorganisme fotosintetik secara biologi dapat menggunakan mikroalga. Mikroalga yang digunakan dalam pengolahan limbah cair sagu adalah *Chlorella* sp. *Chlorella* sp dapat menjadikan air kotor sebagai media untuk berkembang biak.

Prinsip penggunaan *Chlorella* sp memanfaatkan proses fotosintesis yang dilakukan oleh alga *Chlorella* sp sebagai sumber O₂ bagi bakteri. *Chlorella* sp membutuhkan CO₂ dalam proses metabolisme. Proses penyerapan CO₂ pada saat fotosintesis, dimana CO₂ digunakan untuk reproduksi sel-sel tubuhnya. Pada proses fotosintesis tersebut selain menyerap gas CO₂, juga memanfaatkan nutrisi yang ada dalam badan air (Anderson, 2005). *Chlorella* sp menghasilkan O₂ yang akan dimanfaatkan oleh bakteri. Bakteri membutuhkan O₂ untuk penguraian bahan organik limbah cair sagu. Proses penguraian bakteri menghasilkan CO₂, yang akan dimanfaatkan kembali oleh alga *Chlorella* sp. Proses oksidasi oleh aktivasi simbiosis alga *Chlorella* sp dan bakteri memerlukan waktu yang singkat.

Habibah (2011) telah melakukan penelitian, tentang potensi pemanfaatan alga *Chlorella pyrenoidosa* dalam pengolahan limbah cair kelapa sawit. Perlakuan terbaik yaitu penambahan alga sebanyak 800 ml, dengan dua kali pengenceran limbah cair sawit. Hasil reduksi secara keseluruhan menghasilkan nilai BOD: 94,75%, COD: 89,48 %, TSS: 88,02%, amoniak: 74,04%, dan pH: 9,37. Waktu yang digunakan dalam pengolahan limbah cair sagu cukup lama mencapai 9 hari. Pemanfaatan *Chlorella* sp bisa diterapkan pada limbah cair sagu yang tinggi kandungan bahan organik. Akan tetapi, proses penguraian polutan membutuhkan waktu yang cukup lama. Oleh sebab itu, pada proses pengolahan limbah cair sagu dibutuhkan bakteri pengurai B-DECO₃, sehingga akan mempercepat waktu pengurai.

Berdasarkan uraian tersebut maka penulis akan melakukan penelitian dengan judul “**Simbiosis Mutualisme Mikroalga (*Chlorella* sp) dengan Bakteri B-DECO₃ dalam Menurunkan Baku Mutu Polutan Limbah Cair Sagu**”

METODE PENELITIAN

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

Bahan yang digunakan adalah limbah cair sagu yang diperoleh dari pabrik pengolahan sagu di Kabupaten Kepulauan Meranti, mikroalga *Chlorella* sp yang diperoleh dari Pusat Penelitian Alga (Algae Research Centre), Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau Pekanbaru, bakteri pengurai B-DECO₃ diperoleh dari C.V Lufitech Indonesia, Bogor. Bahan kimia yang digunakan adalah alkohol 96%, H₂SO₄ pekat, *digestion solution*, asam sulfat, indikator feroin, larutan *Ferro Amonium Sulfat* (FAS), HCl, n-heksan, propanol, larutan nutrient, *akuades*, K₂Cr₂O₇, dan larutan nessler.

Alat yang digunakan saat pengolahan limbah cair sagu adalah aerator, selang angin, batu pam, botol cleo ukuran 6 liter, tisu, toples plastik sebagai bak perlakuan, jerigen limbah cair, corong, gelas ukur 1000 ml, gelas ukur 100 ml, panci, dan kompor. Alat yang digunakan saat analisis adalah Mikroskop, *hemathomacytometer*, *hand counter*, pipet tetes, DO meter, pH 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, *erlenmeyer*, batang pengaduk, botol winkler, dan alat tulis.

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), yakni masing-masing dengan 5 kali perlakuan dan 3 kali ulangan diperoleh 15 percobaan. Penambahan konsentrasi bakteri pengurai B-DECO₃ mengacu pada Maulana (2016), dan penambahan *Chlorella* sp mengacu pada Habibah (2011) untuk menurunkan kadar polutan limbah cair sagu dengan formulasi sebagai berikut:

P₀ = Tanpa penambahan B-DECO₃.

P₁ = Penambahan B-DECO₃ 0,27% v/v.

P₂ = Penambahan B-DECO₃ 0,55% v/v.

P₃ = Penambahan B-DECO₃ 0,82% v/v.

P₄ = Penambahan B-DECO₃ 1,09% v/v.

Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan Sampel Limbah Cair Sagu

Limbah cair sagu dapat diperoleh langsung dari pabrik pengolahan sagu di Kabupaten Kepulauan Meranti. Limbah cair sagu yang diambil menggunakan jerigen dari kolam penampung untuk dijadikan sampel. Jerigen dibersihkan dengan cara dibilas menggunakan limbah cair sagu. Limbah cair sagu diambil dari beberapa titik secara acak, kemudian dimasukkan secara perlahan kedalam jerigen untuk menghindari guncangan yang berlebihan (turbulansi).

Sterilisasi Alat dan Limbah Cair Sagu

Sterilisasi Alat

Sterilisasi alat dan limbah cair sagu mengacu pada Yolanda (2016). Sterilisasi alat dilakukan dengan cara mencuci semua alat-alat dengan sabun dan

dibilas menggunakan air sampai bersih. Kemudian disemprot dengan alkohol 96% untuk membunuh bakteri, dan dibilas dengan aquades hingga bau alkohol hilang. Kemudian dikeringkan kembali.

Sterilisasi Limbah Cair Sagu

Sterilisasi limbah cair sagu diambil dari limbah yang sudah disaring. Limbah cair sagu dimasukkan dalam panci bervolume 30 liter. Kemudian dipanaskan menggunakan kompor selama \pm 2 jam sampai suhu mencapai \pm 100°C, agar limbah cair sagu steril.

Pembiakan Kultur Mikroalga *Chlorella* sp

Pembiakan mikroalga mengacu pada Habibah (2011). Sebanyak 100 ml alga yang diperoleh dari Laboratorium pribadi Prof. Dr. Ir. H Tengku Dahril, M.Sc. Proses pembiakan kultur mikroalga *Chlorella* sp menggunakan wadah botol minuman cleo 6 liter yaitu, terlebih dahulu disediakan 3500 ml *akuades*, ditambahkan 400 ml Nutrisi Dahril Solution kedalam wadah. Dicampurkan hingga warna bening menggunakan aerasi untuk tercampur rata dalam wadah. Dimasukkan *Chlorella* sp 100 ml. Kemudian diberi aerasi dengan tekanan oksigen terkendali. Diamati selama 7-10 hari hingga warna menjadi hijau berupa *Chlorella* sp.

Perhitungan dilakukan di bawah mikroskop dengan perbesaran 40x10 dan dengan menggunakan *hemathomacytometer*. Sampel diambil sebanyak 5 ml dengan menggunakan pipet tetes kemudian teteskan pada permukaan *hemathomacytometer* yang telah ditutupi *cover glass* kemudian diamati dan dihitung dengan *hand counter* yang dapat memudahkan dalam menghitung.

Kepadatan Sel *Chlorella* sp

Perhitungan dilakukan di bawah mikroskop dengan perbesaran 40x10 dan dengan menggunakan *hemathomacytometer*. Sampel diambil sebanyak 5 ml dengan menggunakan pipet tetes kemudian teteskan pada permukaan *hemathomacytometer* yang telah ditutupi *cover glass* kemudian diamati dan dihitung dengan *hand counter* yang dapat memudahkan dalam menghitung. Perhitungan kelimpahan sel *Chlorella* sp., kemudian kelimpahan sel dihitung menggunakan rumus:

$$N = n \times 4000 \text{ (sel/ml)}$$

Keterangan :

N = Jumlah total sel/ml

n = Jumlah total sel setiap sampel

4000 = Bilangan faktor sampel pada *hemathomacytometer*.

Pengolahan Biologis Limbah Cair Sagu

Pengolahan biologis limbah cair sagu limbah cair sagu dalam wadah toples mengacu pada Habibah (2011). Limbah cair sagu sebanyak 1 liter dimasukkan dalam wadah toples. Ditambahkan bakteri pengurai B-DECO₃ sesuai perlakuan 0 ml, 5 ml, 10 ml, 15 ml, dan 20 ml. Diberi aerasi selama 30 menit agar tercampur dengan rata. Ditambahkan *Chlorella* sp sebanyak 800 ml setiap perlakuan. Dianalisis kadar polutan berupa BOD, COD, TSS, pH, nitrat dan fosfat untuk

perlakuan H_0 . Diinokulasi kembali selama 7 hari untuk analisis BOD, COD, TSS, pH, nitrat dan fosfat untuk perlakuan H_7 .

Analisis Data

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 DNMR pada taraf 5%, jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ pada taraf uji 5% maka perlakuan berbeda tidak nyata maka analisis tidak dilanjutkan.

Pengukuran Baku Mutu Limbah Cair Sagu

Pengukuran baku mutu limbah cair sagu merupakan tahap awal untuk mengetahui kandungan bahan organik. Limbah cair industri sagu memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, terlihat dari nilai COD sebesar 2999,00 mg/L, nilai BOD sebesar 992,60 mg/L, nilai TSS sebesar 860,00 mg/L, nilai DO sebesar 0,85 mg/L, sedangkan pH mencapai 4,1. Parameter pengamatan limbah cair sagu berupa COD, BOD, dan TSS yang tinggi serta D.O, dan pH yang rendah belum mencapai baku mutu PERMEN LH No.5 Tahun 2014 (Tabel. 1). Menurut Yuliastini, 2014 limbah cair sagu dengan kandungan bahan organik yang tinggi, nilai pH yang rendah dapat menurunkan kualitas air. Air limbah (efluen) dengan nilai COD yang tinggi dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan, serta dapat menurunkan oksigen terlarut (Yuliastini, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Pengukuran parameter limbah cair sagu

Parameter pengamatan	Hasil pengukuran	Baku Mutu PERMENLH 2014
COD (mg/L)	2.999,00	300
BOD (mg/L)	992,60	150
TSS (mg/L)	860,00	400
DO (mg/L)	1,85	-
pH	4,1	6-9
Nitrat (mg/L)	4,93	-
Fospat (mg/L)	1,89	-

Keterangan: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5-/MENLH/2014

Analisis *Chemical Oxygen Demand*

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan analisis terhadap jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik dalam 1 liter sampel air, dengan menggunakan pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ sebagai sumber oksigen. Angka COD yang didapat merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik. Secara alami dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi yang mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air (Hariyadi, 2004).

Tabel 1. Rata-rata nilai COD limbah cair sagu pada hari ke 0 dan ke 7

Perlakuan	Rata-rata nilai COD (mg/L)	
	Hari ke 0	Hari ke 7
P ₀ (tanpa penambahan B-DECO ₃)	2114,33 ^e	511,86 ^e
P ₁ (penambahan B-DECO ₃ 0,27 % v/v)	1941,00 ^d	257,90 ^d
P ₂ (penambahan B-DECO ₃ 0,55 % v/v)	1859,00 ^c	245,33 ^c
P ₃ (penambahan B-DECO ₃ 0,82 % v/v)	1823,00 ^b	233,50 ^b
P ₄ (penambahan B-DECO ₃ 1,09 % v/v)	1798,77 ^a	145,50 ^a

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

Hasil pengamatan nilai COD hari ke 7 penurunan berkisar antara 511,86-145,50 mg/L. Nilai COD limbah cair kegiatan industri sesuai baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5-/MENLH/2014 sebesar 300 mg/L. Persentasi penurunan nilai COD dengan penambahan B-DECO₃ mencapai antara 75,79-91,91 %. Konsentrasi B-DECO₃ yang ditambahkan berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar COD limbah cair sagu. Nilai COD awal yaitu 2999,00 mg/L menurun sampai 145,50 mg/L. Penurunan nilai COD diduga karena limbah cair sagu lebih mudah didegradasi oleh bakteri pengurai B-DECO₃. Bakteri membutuhkan oksigen yang banyak dalam mengoksidasi bahan organik, sehingga dapat diperoleh dari proses fotosintesis mikroalga. Mikroalga *Chlorella* sp akan menghasilkan CO₂, yang akan dimanfaatkan kembali oleh bakteri pengurai. *Chlorella* sp dengan bakteri pengurai melakukan proses simbiosis mutualisme dalam kondisi aerob.

Analisis Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah suatu analisis empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi didalam air. Angka BOD menggambarkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri. Bakteri mengurai (mengoksidasi) semua zat organik yang terlarut dan sebagai zat-zat organik yang tersuspensi didalam air (Wardhana, 2009).

Tabel 2. Rata-rata nilai BOD limbah cair sagu pada hari ke 0 dan ke 7

Perlakuan	Rata-rata nilai BOD (mg/L)	
	Hari ke 0	Hari ke 7
P ₀ (tanpa penambahan B-DECO ₃)	704,83 ^e	207,70 ^e
P ₁ (penambahan B-DECO ₃ 0,27 % v/v)	653,79 ^d	117,40 ^d
P ₂ (penambahan B-DECO ₃ 0,55 % v/v)	620,01 ^c	115,50 ^c
P ₃ (penambahan B-DECO ₃ 0,82 % v/v)	573,94 ^b	113,60 ^b
P ₄ (penambahan B-DECO ₃ 1,09 % v/v)	502,63 ^a	86,73 ^a

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

Konsentrasi B-DECO₃ yang ditambahkan berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar BOD pada limbah cair sagu, yang BOD awal yaitu 992,60 mg/L. Standar baku mutu yang ditetapkan PERMEN-05/PERMENLH/2014 yaitu 150 mg/L. Hasil pengamatan pada hari ke 7 penurunan berkisar antara 207,70-86,73 mg/L. Persentasi penurunan nilai BOD dengan penambahan B-DECO₃ mencapai antara 70,53-82,74 %. Penurunan kadar BOD ini diduga, karena proses dekomposisi bahan organik dengan bakteri pengurai B-DECO₃ menghasilkan kabondioksida (CO₂), sehingga dapat dimanfaatkan kembali oleh *Chlorella* sp yang menghasilkan oksigen (O₂) lebih banyak. Menurut Ariningrum dkk (2009) menjelaskan bahwa nilai BOD yang rendah membuat kandungan bahan organik sedikit. Nilai BOD yang kecil yang dihasilkan dari degradasi bahan organik yang diurai oleh mikroorganisme, sehingga oksigen semakin sedikit. Semakin kecil

nilai BOD melambangkan kualitas air limbah pengolahan semakin baik.

Analisis Total Suspended Solid (TSS)

Total suspended solid (TSS) atau padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat dan lain-lain. Misalnya air permukaan mengandung tanah liat dalam bentuk tersuspensi (Maryanti,2006).

Tabel 3. Rata-rata nilai TSS limbah cair sagu pada hari ke 0 dan ke 7

Perlakuan	Rata-rata nilai TSS (mg/L)	
	Hari ke 0	Hari ke 7
P ₀ (tanpa penambahan B-DECO ₃)	850,00 ^e	579,50 ^e
P ₁ (penambahan B-DECO ₃ 0,27 % v/v)	815,00 ^d	390,56 ^d
P ₂ (penambahan B-DECO ₃ 0,55 % v/v)	742,00 ^c	256,70 ^c
P ₃ (penambahan B-DECO ₃ 0,82 % v/v)	550,00 ^b	136,53 ^b
P ₄ (penambahan B-DECO ₃ 1,09 % v/v)	520,00 ^a	97,00 ^a

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

Nilai TSS limbah cair sagu awalnya sebesar 860,00 mg/L. Penurunan nilai TSS pada hari ke 7 penurunan berkisar antara 579,50-97,00 mg/L. Persentase penurunan nilai TSS limbah cair sagu mencapai antara 22,73-76,90 %. Standar baku mutu yang ditetapkan PERMEN-05/PERMENLH/2014 yaitu 400 mg/L. Hal ini dikarenakan adanya peranan simbiosis antara bakteri pengurai B-DECO₃ dengan *Chlorella* sp, sehingga dapat mengurai tingkat kekeruhan pada limbah cair sagu. Nilai TSS dipengaruhi oleh banyak penambahan bakteri pengurai pada limbah cair kelapa sawit. Semakin banyak penambahan bakteri pengurai B-DECO₃, semakin rendah nilai TSS yang diperoleh. Penguraian bahan organik dan bahan anorganik oleh mikroorganisme bakteri pengurai B-DECO₃ (Maulana, 2016).

Analisis Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) adalah suatu parameter penunjuk keaktifan ion H dalam suatu larutan yang berkeseimbangan dengan H tidak terdisosiasi dari senyawa-senyawa dapat larut dan tidak larut yang ada dalam sistem. Kapasitas keasaman menunjukkan takaran ion H terdisosiasi ditambah H tidak terdisosiasi di didalam sistem air limbah. Nilai pH suatu perairan mencirikan keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan merupakan pengukuran konsentrasi ion Hidrogen dalam air. Pengukuran pH dapat dilakukan secara potensiometri dengan menggunakan pH meter atau dengan perbandingan warna dengan menggunakan pHUniversal(Alashty,2011).

Tabel 4. Analisis Derajat Keasaman (pH) selama 7 hari

PERLAKUAN	Derajat Keasaman (pH)							
	H-0	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6	H-7
P ₀ (tanpa penambahan B-DECO ₃)	4,4	5,0	5,2	5,3	5,3	5,7	5,7	6,0
P ₁ (penambahan B-DECO ₃ 0,27 % v/v)	4,4	5,1	5,4	5,4	5,5	5,8	6,3	7,2
P ₂ (penambahan B-DECO ₃ 0,55 % v/v)	4,4	5,2	5,5	5,6	5,8	6,1	6,7	7,6
P ₃ (penambahan B-DECO ₃ 0,82 % v/v)	4,4	5,3	5,6	5,6	5,9	6,4	6,9	7,8
P ₄ (penambahan B-DECO ₃ 1,09 % v/v)	4,4	5,6	5,8	5,8	6,1	6,6	7,1	8,1

Hasil pengamatan hari ke 7 setiap perlakuan mencapai baku mutu limbah cair sagu PERMEN-05/PERMENLH/2014 yaitu 6-9. Peningkatan nilai pH diduga karena konsentrasi penambahan bakteri pengurai B-DECO₃ yang dapat bersimbiosis dengan *Chlorella* sp. *Chlorella* sp yang membutuhkan CO₂ yang banyak untuk proses fotosintesa. *Chlorella* sp akan menghasilkan O₂ yang lebih banyak, sehingga sebagian dari oksigen itu dapat dimanfaatkan oleh bakteri pengurai. 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 dalam Maulana 2016).

Analisis Dissolved Oxygen (DO)

Dissolved Oxygen (DO) adalah bentuk gas yang ditemukan terlarut dalam perairan. Oksigen terlarut (DO) umumnya berasal dari suplai yang besar hasil fotosintesis dan aerasi. Kandungan oksigen terlarut dapat berkurang akibat tingginya suhu air, proses respirasi organisme perairan, dan proses dekomposisi bahan organik oleh mikroba (Susilo dkk, 2014).

Tabel 5. Rata-rata nilai *Dissolved Oxygen* (DO) selama 7 hari

PERLAKUAN	<i>Dissolved Oxygen</i> (mg/L)							
	H-0	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6	H-7
P ₀ (tanpa penambahan B-DECO ₃)	1,77	1,89	1,97	2,09	2,09	2,14	2,45	3,09
P ₁ (penambahan B-DECO ₃ 0,27% v/v)	1,85	2,07	2,95	3,61	3,65	4,05	4,21	4,62
P ₂ (penambahan B-DECO ₃ 0,55% v/v)	1,89	2,22	3,69	3,99	3,99	4,87	4,95	5,57
P ₃ (penambahan B-DECO ₃ 0,82% v/v)	1,91	3,33	4,25	4,55	4,55	5,14	5,57	6,32
P ₄ (penambahan B-DECO ₃ 1,09% v/v)	1,98	3,14	4,51	5,96	5,97	6,87	7,13	7,22

Hasil pengamatan hari ke 7 setiap perlakuan mencapai baku mutu limbah cair sagu PERMEN-05/PERMENLH/2014 yaitu 4,5-7,0. Peningkatan nilai DO

diduga karena adanya suplai yang besar dari proses fotosintesis *Chlorella* sp dan aerator. Proses fotosintesis *Chlorella* sp dibantu oleh bakteri pengurai B-DECO₃, sehingga terjadi simbiosis mutualisme antara *Chlorella* sp dengan mikroorganime B-DECO₃. Peningkatan nilai DO berpengaruh terhadap kepadatan sel *Chlorella* sp, semakin tinggi nilai DO maka sel *Chlorella* sp semakin banyak. Menurut Widjaja (2012) Oksigen dibutuhkan mikroorganime 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 mikroorganime untuk menghasilkan produk penguraian bahan organik berupa H₂O, CO₂, dan sel baru (Widjaja, 2012).

Analisis Nitrat (NO₃)

Nitrat (NO₃) adalah nutrien utama berupa nitrogen yang berperan penting dalam pertumbuhan alga. Nitrat bersifat stabil serta mudah larut dalam air. Protein dapat dibentuk dari hasil konvensi nitrat (Effendi H, 2000). Nitrat menyebabkan kualitas air cepat menurun, menurunkan oksigen terlarut, penurunan populasi ikan, bau busuk, dan rasa tidak enak. Nitrogen yang berlebihan akan mengakibatkan peningkatan senyawa nitrat. Senyawa nitrat yang banyak menimbulkan methaemoglobinemia, kondisi ini dapat membayakan biota mahklukhidup (Subarijanti, 2005).

Tabel 6. Rata-rata nilai Nitrat (NO₃) limbah cair sagu pada hari ke- 0 dan ke- 7

Perlakuan	Rata-rata nilai Nitrat (NO ₃) (mg/L)	
	Hari ke- 0	Hari ke- 7
P ₀ (tanpa penambahan B-DECO ₃)	5,25 ^a	4,97 ^a
P ₁ (penambahan B-DECO ₃ 0,27 % v/v)	5,68 ^{ab}	2,27 ^b
P ₂ (penambahan B-DECO ₃ 0,55 % v/v)	6,03 ^{ab}	1,80 ^c
P ₃ (penambahan B-DECO ₃ 0,82 % v/v)	6,74 ^{bc}	1,21 ^d
P ₄ (penambahan B-DECO ₃ 1,09 % v/v)	7,56 ^c	1,16 ^e

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

Kandungan nilai nitrat (NO₃) limbah cair sagu awalnya sebesar 4,93 mg/L. Hasil pengamatan hari pertama perlakuan P₀ sebesar 5,25 mg/L, P₁ sebesar 5,68 mg/L, P₂ sebesar 6,74 mg/L, P₃ sebesar 6,74 mg/L, dan P₄ sebesar 7,56 mg/L. Peningkatan nilai nitrat dipengaruhi oleh konsentrasi bakteri pengurai B-DECO₃ pada limbah cair sagu. Hal ini dikarenakan adanya peranan *Nitrosomonas* sp, dan *Nitrobacter* sp dalam bakteri pengurai B-DECO₃. Menurut Widjaja (2012) *Nitrosomonas* sp berfungsi sebagai perubah amoniak menjadi nitrit. *Nitrobacter* sp berfungsi sebagai perubah nitrit menjadi nitrat. Kandungan nitrat yang tinggi akan dimanfaatkan *Chlorella* sp sebagai nutrien. Sehingga pengamatan hari ke 7 mengalami penurunan kandungan nitrat. Kandungan nitrat mendukung pertumbuhan sel *Chlorella* sp, semakin tinggi nilai nitrat menyebabkan peningkatan nilai kepadatan sel *Chlorella* sp. Hasil pengamatan hari ke 7 perlakuan P₀ sebesar 4,97 mg/L, P₁ sebesar 2,27 mg/L, P₂ sebesar 1,80 mg/L, P₃ sebesar 1,21 mg/L, dan P₄ sebesar 1,16 mg/L. Persentase penurunan nilai Nitrat mencapai antara 5-82 %. Hal ini dikarenakan kandungan nitrat dimanfaatkan *Chlorella* sp sebagai pembentukan sel baru. *Chlorella* sp membutuhkan nitrogen yang terdapat dalam nitrat.

Analisis Posfat (PO₄)

Fosfat (PO₄) merupakan bentuk partikulat yang berikatan dengan senyawa hidroksida dan oksida besi. Senyawa fospor yang terikat di sedimen dapat mengalami dekomposisi dengan bantuan bakteri maupun melalui proses abiotik menghasilkan senyawa fosfat (Patty dkk, 2015).

Tabel 13. Rata-rata nilai Posfat (PO₃) limbah cair sagu pada hari ke- 0 dan ke- 7

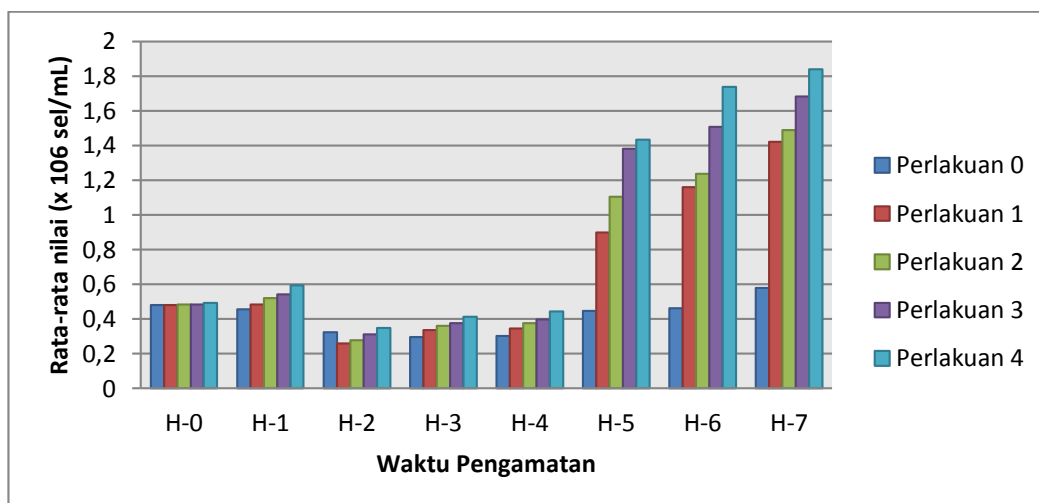
Perlakuan	Rata-rata nilai Fosfat (PO ₃) (mg/L)	
	Hari ke-0	Hari ke-7
P ₀ (tanpa penambahan B-DECO ₃)	1,90 ^a	1,88 ^c
P ₁ (penambahan B-DECO ₃ 0,27 % v/v)	2,06 ^b	1,40 ^b
P ₂ (penambahan B-DECO ₃ 0,55 % v/v)	2,13 ^b	1,29 ^a
P ₃ (penambahan B-DECO ₃ 0,82 % v/v)	2,27 ^c	1,24 ^a
P ₄ (penambahan B-DECO ₃ 1,09 % v/v)	2,43 ^d	1,22 ^a

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

Kandungan nilai posfat (PO₃) limbah cair sagu awalnya sebesar 4,93 mg/L. Hasil pengamatan hari pertama perlakuan P₀ sebesar 1,90 mg/L, P₁ sebesar 2,06 mg/L, P₂ sebesar 2,13 mg/L, P₃ sebesar 2,27 mg/L, dan P₄ sebesar 2,43 mg/L. Persentasi penurunan nilai Fosfat mencapai antara 1-49 %. Peningkatan nilai nitrat dipengaruhi oleh konsentrasi bakteri pengurai B-DECO₃ pada limbah cair sagu. Hal ini dikarenakan adanya peranan *Pseudomonas* sp, dan *Bacillus* sp dalam bakteri pengurai B-DECO₃. *Pseudomonas* sp dan *Bacillus* sp mampu merubah kandungan posfat anorganik menjadi organik, sehingga dapat dimanfaatkan mikroalga. Menurut Oktafiani M dan Hermana (2013) Kenaikan kandungan posfat akibat dari fosfat yang terserap oleh alga, terakumulasi dalam bentuk poliposfat yang dapat menyebabkan kematian dan pecahnya sel alga hijau. Mikroalga biasanya memanfaatkan posfat dalam bentuk ortoposfat (HPO₄⁻), Ksarena kebutuhan posfat oleh alga dalam jumlah tertentu. Hasil pengamatan hari ke 7 perlakuan P₀ sebesar 1,88 mg/L, P₁ sebesar 1,40 mg/L, P₂ sebesar 1,29 mg/L, P₃ sebesar 1,24 mg/L, dan P₄ sebesar 1,22 mg/L. Penurunan kandungan posfat dalam limbah cair sagu karena ada peranan alga dengan bakteri. Menurut Yolanda (2011) fungsi posfat adalah untuk pembelahan sel dan pembentuk biomassa mikroalga.

Analisis Kepadatan Sel *Chlorella* sp

Analisis kepadatan sel *Chlorella* sp dilakukan untuk mengetahui jumlah keseluruhan *Chlorella* sp yang dapat bersimbiosis dengan bakteri. Penelitian ini menghasilkan kepadatan sel *Chlorella* sp yang meningkat selama tujuh hari. Peningkatan kepadatan sel *Chlorella* sp dikarenakan ada suplai CO₂ dari bakteri untuk proses fotosintesis. *Chlorella* sp juga mendapatkan sumber nutrisi dari bahan organik dan anorganik dari limbah cair sagu.



Gambar 1. Rata-rata Nilai Nitrat

Perlakuan Variasi EM4 Terpilih

Penelitian ini menghasilkan perlakuan terbaik berdasarkan penambahan bakteri pengurai B-DECO₃ dan *Chlorella* sp dalam limbah cair sagu. Pengolahan biologis secara aerob menurunkan kadar polutan limbah cair sagu. Karakteristik kadar polutan limbah cair sagu yang diamati berupa COD, BOD, TSS, DO, pH, Nitrat, dan Posfat. Kadar polutan limbah cair sagu yang telah memenuhi baku mutu limbah cair baik untuk dibuang ke perairan. Baku mutu limbah cair industri PERMENLH (2014) diantaranya COD, BOD, TSS, DO, pH, Nitrat, dan Posfat.

Tabel 4. Rekapitulasi data analisis perlakuan terbaik

Parameter Pengamatan	Baku Mutu	Perlakuan				
		P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
COD (mg/L)	Maks 300	511,86 ^e	257,90 ^d	245,33 ^c	233,50 ^b	145,50^a
BOD (mg/L)	Maks 150	207,70 ^e	117,40 ^d	115,50 ^c	113,60 ^b	86,73^a
TSS (mg/L)	Maks 400	579,50 ^e	390,56 ^d	259,36 ^c	136,76 ^b	97,00^a
DO(mg/L)		3,09 ^e	4,62 ^d	5,57 ^c	6,32 ^b	7,22^a
pH	6-9	6,00	7,20	7,60	7,80	8,10
Nitrat (mg/L)	-	4,97 ^e	2,27 ^d	1,80 ^c	1,21 ^b	1,16^a
Fosfat (mg/L)	-	1,88 ^e	1,40 ^d	1,29 ^c	1,24 ^b	1,22^a

Keterangan : Angka yang bercetak tebal menandakan memenuhi standar baku mutu PERMEN-05/PERMENLH/2014.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan, bahwa variasi penambahan bakteri pengurai B-DECO₃ berbeda dengan konsentrasi *Chlorella* sp yang tetap dapat menurunkan kadar polutan limbah cair sagu. Parameter pengamatan kadar polutan limbah cair sagu memberikan pengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap nilai BOD, COD, TSS, DO, pH, Nitrat dan Posfat. Parameter pengamatan kepadatan sel *Chlorella* sp dilakukan setiap hari memberikan peningkatan pada hari ke- 7 sebesar 72,44 %. Pengamatan selama hari ke- 7 menghasilkan penurunan kadar polutan berupa COD sebesar 90,29 %, BOD sebesar 82,74 %, TSS sebesar 84,52 %, peningkatan DO sebesar 73,82 %,

peningkatan pH sebesar 97,56 %, Nitrat 82,85 % dan Posfat 98,66 %. Nilai persentasi tertinggi terdapat pada perlakuan P₄ yang merupakan perlakuan terbaik. Perlakuan terbaik P₄ terdiri dari penambahan bakteri pengurai B-DECO₃ sebanyak 20 ml dan *Chlorella* sp 800 ml (kelimpahan 6,6 x 10⁶ sel/mL). Hasil keseluruhan perlakuan P₄ yang terbaik untuk memenuhi baku mutu limbah cair sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5-/MENLH/31/2014.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan, untuk pengaplikasian langsung ke bagian pengolahan limbah cair sagu.

Ucapan terima kasih

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

DAFTAR PUSTAKA

- Alashty R., Bahmanyar M.A dan Sepanlou. G. 2011. **Change of pH, organic carbon (oc), electrical conductivity (ec), nickel (ni) and chrome (cr) in soil and concentration of ni and cr in radish and lettuce plants as influenced by three year application of municipal Compost.** Journal of Agricultural Research, volume 6: 16.
- Anderson R.A. 2005. **Alga Culturing Techniques.** Elsevier Academic Press.China.
- Dinas Bina Marga. 2016. **Pra Penelitian Analisis COD dan BOD limbah cair sagu.** Pekanbaru.
- Habibah Z.E. 2011. **Potensi pemanfaatan *Chlorella pyrenoidosa* dalam pengelolaan limbah cair kelapa sawit.** Thesis Pascasarjana Ilmu Lingkungan Universitas Riau, Pekanbaru.
- Hariyadi S. 2004. **BOD dan COD sebagai parameter pencermaran air dan baku mutu air limbah.** Makalah Pengantar Falsafah Sains. Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Maryanti. 2006. **Evaluasi kinerja bioreaktor anaerobik dalam pengolahan limbah cair industri tapioka dengan perlakuan aklimatisasi inokulum.** Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Maulana, T. 2016. **Pemanfaatam simbiosis mikroorganisme b-deco₃ dan mikroalga *Chlorella* sp. untuk menurunkan pencemaran limbah cair pabrik kelapa sawit.** Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Riau, Pekanbaru. (Tidak dipublikasikan)

- Patty I.S., H Arfah dan M.S Abdul. 2015. **Zat hara (fosfat,nitrit), oksigen terlarut dan pH kaitannya dengan kesuburan di perairan jikumerasa,pulau buru.** Jurnal Pesisir dan Laut Trofis, volume 1: 44-50.
- Subarijanti H. 2005. **Pemupukan dan kesuburan perairan.** Skripsi Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya, Malang.
- Susilo B., Y. Rini, dan W. Arfan. 2014. **Studi kultur semi-massal mikroalga *Cholrella* sp pada area tambak dengan media air payau (di Desa Rayunggumuk, Kec. Glagah, Kab. Lamongan).** Jurnal Bioproses Komuditas Trofis, volume 2: 1-7.
- Suyono P. dan Salahudin F. 2011. **Identifikasi dan karakteristik bakteri *Pseudomonas* pada tanah yang terindikasi terkontaminasi logam.** Jurnal Industri Lingkungan, volume 2: 9-12.
- Wardhana W.A. 2009. **Dampak Pencemaran Lingkungan.** Andi Offset. Yogyakarta.
- Widjaja T. 2012. **Pengolahan Limbah Industri (Proses Biologis).** Institut Teknologi Sepuluh November Press. Surabaya.
- Yolanda Y. 2016. **Pemanfaatan limbah cair biogas pabrik kelapa sawit untuk reproduksi mikroalga *Chlorella* sp.** Skripsi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, Riau. Pekanbaru.
- Yuliastini M.S., H. Udin dan S. Erdi. 2014. **Kajian seleksi sumber mikroorganisme pembentuk biogas dari air limbah industri sagu.** Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian, volume 19 : 149-160.