

PEMANFAATAN SIMBIOSIS BAKTERI *Bacillus* sp. DAN MIKROALGA *Chlorella* sp. DALAM MENURUNKAN NILAI PENCEMARAN LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT

Yelmira Zalfiatri, Fajar Restuhadi dan Rizka Prasetyowati

Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Riau, Kode Pos 28293

E-mail: zalfiatri@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this research was to get the best treatment between microalgae *Chlorella* sp. with some variations concentration of bacteria *Bacillus* sp. to reduce waste pollution of palm oil. This research used a Completely Randomized Design (CDR) with 5 treatments and 3 replications. The treatment used addition of microalgae *Chlorella* sp. as much 800ml/l of waste pollution palm oil with some variations concentration of bacteria *Bacillus* sp (0 ml/l, 0.5 ml/l, 1 ml/l, 2 ml/l, and 3 ml/l). Parameters were observed for the characteristics of waste pollution are pH, BOD, COD, TSS and Oil. The data obtained were analyzed statistically using anova and DNMRT at 5%. The treatment chosen from the result of this research was the P4 treatment with addition microalgae 800 ml/l and concentration of bacteria *Bacillus* sp. 3 ml/l ($1,6 \times 10^5$ CFU/ml) showed the highest level of reduction which had the value of BOD 91,31 %, COD 76,02 %, Oil 85,71 % and TSS 93,93%.

Keywords: *Bacillus* sp., *Chlorella* sp., Waste pollution of palm oil

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Industri kelapa sawit merupakan salah satu sektor agroindustri yang menjadi salah satu andalan di Indonesia mengingat konsumsi minyak sawit dunia mencapai 26 persen dari total konsumsi minyak makan dunia (Ditjen PPHP, 2006). Menurut Ditjen Perkebunan Indonesia areal kelapa sawit di Indonesia mencapai 10,9 juta Ha dengan produksi 29,3 juta ton CPO sedangkan di Riau merupakan daerah yang memiliki lahan perkebunan sawit sebesar 2,30 juta Ha (Dinas Perkebunan Provinsi Riau, 2014).

Produksi minyak kelapa sawit membutuhkan air dalam jumlah besar. Satu ton minyak kelapa sawit menghasilkan 2,5 ton limbah cair, yaitu berupa limbah organik dari air kondensat rebusan 36% (150-175 kg/ton TBS), air *drab* klarifikasi 60% (150-175 kg/ton TBS) dan air hidrosiklon 4% (100-150 kg/ton TBS) (Ahuat, 2005). Industri kelapa sawit berkapasitas olah 60 ton tandan buah segar (TBS)/jam menghasilkan limbah cair sebanyak 42 m³ (Yuliasari *et al.* 2001).

Industri kelapa sawit memiliki dampak negatif terhadap lingkungan akibat pembuangannya limbah cair dari kegiatan pabrik. Potensi hasil industri yang tinggi akan berdampak negatif dengan potensi limbah cair yang besar. Limbah cair berdampak negatif bagi lingkungan perairan karena kandungan zat organik tinggi.

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. Peraturan tersebut mengharuskan bahwa setiap industri kelapa sawit harus mengolah air limbah sampai standar yang diijinkan sebelum dibuang ke dalam badan air. Salah satu teknologi untuk



pengolahan limbah organik yang relatif murah dan efektif untuk menghilangkan bahan pencemar adalah teknologi secara biologis. Pengolahan limbah secara biologis dapat dilakukan melalui pemanfaatan aktivitas mikroorganisme.

Bacillus sp merupakan bakteri aerob yang dapat dijumpai di alam dan telah diproduksi secara komersial serta efektif sebagai agen biologi dalam pengolahan limbah organik. Beberapa penelitian mengenai pemanfaatan *Bacillus* sp. dalam menurunkan kandungan bahan organik pada air limbah domestik telah dilakukan oleh berbagai pihak di antaranya Ishartanto (2005), Apriadi (2008), Efrilia (2008), serta beberapa peneliti lain. Hasil penelitian tersebut telah diketahui bakteri *Bacillus* sp. merupakan agen biologi yang efektif dalam menurunkan kandungan bahan organik pada air limbah domestik.

Bakteri mengalami kesulitan dalam mendegradasi bahan organik karena prosesnya yang lambat dan membutuhkan jumlah oksigen yang banyak. Kristanto (2004), menambahkan tingginya kandungan bahan organik dapat menurunkan kadar oksigen sehingga dapat menghambat pertumbuhan organisme. Salah satu cara untuk membantu pertumbuhan bakteri adalah menggunakan mikroorganisme fotosintetik.

Mikroalga sebagai salah satu mikroorganisme fotosintetik yang dikembangkan dalam penanggulangan limbah cair. Mikroalga mampu menggunakan karbondioksida sebagai sumber karbon utama untuk sintesis sel baru dan melepaskan oksigen melalui mekanisme fotosintesis. Limbah cair yang kaya akan hara N (Nitrat), P (Fosfat), C (Karbon) dan S (Sulfat) yang merupakan nutrisi bagi pertumbuhan sel mikroalga. Bakteri bersama dengan mikroalga mereka mampu mengatur keseimbangan antara oksigen terlarut dengan karbondioksida dalam perairan.

Mikroalga *Chlorella* sp. dipilih sebagai sarana penanganan limbah cair karena dapat tumbuh dan berkembang biak pada air kotor (Syahputra, 2002). Berdasarkan hasil penelitian Habibah (2011) menggunakan mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* dengan banyak 800 ml/l dalam limbah cair kelapa sawit dapat menurunkan bahan organik pada air limbah kelapa sawit. Kelemahan penelitian Habibah (2011) adalah waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan bahan organik relatif lama yaitu 9 hari. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan menggunakan penambahan bakteri yang dapat membantu mempercepat proses degradasi bahan organik. Berdasarkan uraian di atas maka penulis akan melakukan penelitian dengan judul Pemanfaatan Simbiosis Bakteri *Bacillus* sp. dan Mikroalga *Chlorella* sp. dalam Menurunkan Nilai Pencemaran Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan perlakuan terbaik antara mikroalga *Chlorella* sp. dengan beberapa variasi konsentrasi *Bacillus* sp. untuk menurunkan nilai pencemaran limbah cair pabrik kelapa sawit.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau dan Laboratorium Unit Pelaksanaan Teknis Pengujian Material Pekanbaru. Waktu penelitian berlangsung selama 5 bulan dari bulan September sampai bulan Januari 2016.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah isolat *Bacillus* sp. diperoleh dari Laboratorium Bioteknologi Pertanian, kultur mikroalga *Chlorella* sp. diperoleh dari Prof. Dr. H. Tengku Dahril, M.Sc, limbah cair kelapa sawit diambil dari pabrik kelapa sawit PT N V Sei Galuh, media *Nutrien Agar* (NA), *Nutrient broth* (NB), akuades, alkohol 70%, NPK, Urea, NaOH-KI, H₂SO₄ pekat, amilum, nutrient, K₂Cr₂O 0,025N, FAS 0,025 N, feroin, kertas saring millipore 0,45µm, larutan fisiologis dan sebagainya.



Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah bak-bak perlakuan, gelas ukur, erlenmeyer, pH meter, labu erlenmeyer, spektrofotometer, pipet tetes, cawan, autoklaf, bunsen, jarum ose, inkubator, aerator, lampu, botol, gelas piala, botol BOD, buret, plastik hitam buret, pipet mohr, timbangan digital, tabung reaksi, bulb, penangas air, esikator, dan sebagainya.

Metode Penelitian

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

Pelaksanaan Penelitian

Limbah cair kelapa sawit terlebih dahulu dianalisis nilai pH, BOD, COD, TSS, dan minyak. Wadah sebanyak 15 buah diisi dengan limbah cair kelapa sawit masing-masing sebanyak 1 liter. Mikroalga *Chlorella* sp. dimasukkan ke dalam masing-masing wadah sebanyak 800 ml/l, kemudian bakteri *Bacillus* sp. dimasukkan ke dalam wadah II, III, IV, dan V dengan perlakuan 0,5 ml/l, 1 ml/l, 2 ml/l dan 3 ml/l yang telah diketahui total jumlah sel, sedangkan pada wadah I tanpa diisi bakteri *Bacillus* sp sebagai kontrol. Diaduk 3 kali sehari untuk setiap wadah yang tanam mikroalga *Chlorella* sp. agar tidak terjadi pengendapan. Analisis kadar pencemar limbah cair setelah diinokulasi mikroalga *Chlorella* sp. dan *Bacillus* sp. pada hari ke-0 dan ke-7.

Pengamatan

Parameter-parameter lingkungan yang diamati pada penelitian ini adalah nilai pH, BOD, COD, Minyak dan TSS.

Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis secara statistik menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA). Apabila didapatkan data F hitung lebih besar atau sama dengan F tabel, maka dilakukan uji lanjut dengan uji *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Baku

Hasil analisis karakteristik fisika – kimia limbah cair kelapa sawit sebelum diolah penelitian ini memiliki nilai parameter TSS, BOD dan COD melebihi standar baku yang ditetapkan pemerintah, sedangkan pH dan minyak sudah sesuai dengan standar mutu. Nilai TSS, BOD dan COD yang terkandung dalam air limbah menggambarkan kandungan bahan organik dalam air limbah dan rendahnya nilai oksigen terlarut. Karakteristik limbah cair kelapa sawit secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Kelapa Sawit Sebelum Pengolahan

Parameter Limbah	Hasil analisa	Satuan	Standar baku mutu
pH	7,77	-	6-9
BOD	943,60	mg/l	250
COD	2.400	mg/l	500
Minyak	17,5	mg/l	30
TSS	4.567	mg/l	300

Tabel 1 menunjukkan nilai karakteristik limbah cair kelapa sawit sebelum pengolahan memiliki kandungan bahan organik tinggi. Air limbah ini jika langsung dibuang ke perairan umum berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan sekitarnya,



sehingga diperlukan pengolahan terlebih dahulu untuk memenuhi standar baku mutu sebelum dilepas ke perairan umum. Pengolahan limbah cair kelapa sawit dilakukan secara biologis dengan pemanfaatan mikroorganismenya. Pengolahan limbah cair secara biologis dipilih karena lebih ramah lingkungan, biaya relatif murah, dan tidak memerlukan areal yang luas

Derajat Keasaman (pH)

Derajat Keasaman (pH) menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Nilai pH merupakan hasil pengukuran aktivitas ion hidrogen dalam perairan dan menunjukkan keseimbangan antara asam dan basa air.

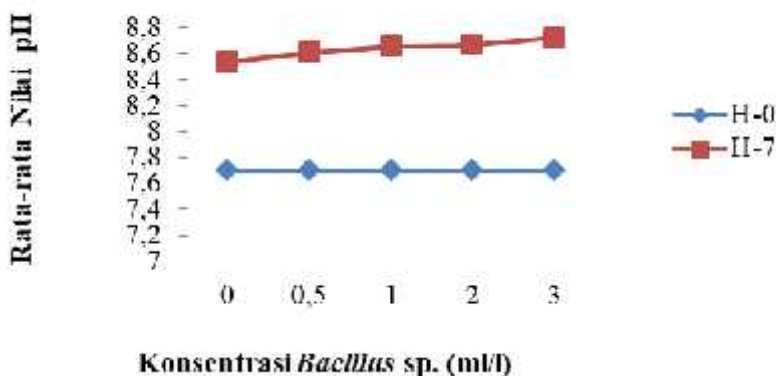
Pengamatan sebelum dilakukan pengolahan menunjukkan nilai pH 7,77. Rata-rata nilai pH setelah dilakukan pengolahan diuji lanjut dengan DNMRT pada taraf 5% disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata nilai pH

No	Perlakuan	Rata-rata nilai pH
1	P0 (Chlorella 800 ml + Bacillus 0 ml)	8,54 ^a
2	P1 (Chlorella 800 ml + Bacillus 0,5 ml)	8,61 ^b
3	P2 (Chlorella 800 ml + Bacillus 1 ml)	8,66 ^c
4	P3 (Chlorella 800 ml + Bacillus 2 ml)	8,67 ^c
5	P4 (Chlorella 800 ml + Bacillus 3 ml)	8,72 ^d

Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi pemberian mikroalga *Chlorella* sp. dengan variasi konsentrasi *Bacillus* sp. yang berbeda mampu menaikkan nilai pH yang terdapat pada limbah cair kelapa sawit. Nilai analisis pH yang paling rendah pada perlakuan konsentrasi *Bacillus* sp. sebanyak 0 ml yaitu sebesar 8,54 sedangkan yang paling tinggi terdapat pada perlakuan dengan konsentrasi *Bacillus* sp. sebanyak 3 ml yaitu sebesar 8,72. Nilai ini sudah memenuhi kisaran standar baku mutu yaitu 6-9.

Uji DNMRT pengaruh pemberian konsentrasi *Bacillus* sp. yang berbeda terhadap kenaikan nilai pH limbah cair kelapa sawit dapat dilihat bahwa perlakuan P2 berbeda nyata dengan perlakuan P0, P1 dan P4, sedangkan tidak berbeda nyata dengan perlakuan P3.



Grafik 1. Nilai pH hari ke-0 dan hari ke-7

Grafik 1 menunjukkan bahwa nilai pH pada hari ke-0 setelah ditambahkan pengototan sebesar 7,7. Pada hari ke-7 terjadi peningkatan nilai pH yaitu berkisar 8,54-8,72. Semakin tinggi konsentrasi *Bacillus* sp. yang diberikan pada limbah maka dapat terlihat terjadinya peningkatan nilai pH. Nilai ini masih sesuai dengan standar baku mutu yaitu 6-9. Menurut Dahril (1996), nilai pH untuk pertumbuhan *Chlorella* sp adalah 6-9.



terajat Keasaman (pH) pada hari ke-0 limbah adalah 7,77. Nilai pH ini cukup optimum untuk pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp.

Nilai pH yang signifikan berubahannya merupakan akibat dari terjadinya aktivitas mikroalga dan bakteri mengoksidasi bahan organik dan komponen sel dari bentuk kompleks yang tidak larut menjadi bentuk lebih sederhana yang larut. Peristiwa oksidasi adalah proses masuknya oksigen kedalam reaksi metabolisme sel, atau proses terlepasnya hidrogen dari ikatan kompleks.

Mikroalga mampu menggunakan karbondioksida dari hasil degradasi bahan organik oleh bakteri sebagai sumber karbon utama untuk sintesa sel baru dan melepaskan oksigen melalui mekanisme fotosintesis. Selain oksigen yang masuk dari udara, suplai oksigen terbesar didapat dari hasil fotosintesis oleh mikroalga (Mara *et all*, 2007). Reaksi kimia pada ion-ion karbonat dan bikarbonat yang terdisosiasi mendukung konsumsi CO₂ yang kontiniu oleh mikroalga sehingga OH⁻ terakumulasi dan cenderung pH meningkat.

Hasil penelitian Ishartanto (2009) mengenai pengolahan limbah cair domestik dengan perlakuan aerasi (12, 24, 48, dan 72 jam) dan penambahan bakteri *Bacillus* sp. sebanyak 1 ml/l, 2 ml/l, dan 3 ml/l (1.5×10^{16} CFU/ml) menunjukkan bahwa semakin banyak pemberian *Bacillus* sp. dan aerasi yang semakin lama cenderung menyebabkan peningkatan nilai pH, yaitu dari pH awal 7,01 menjadi 7,53 – 8,60. Hal ini karena bakteri semakin banyak mendegradasi bahan organik menjadi CO₂ dan aerasi menyebabkan terlepasnya gas-gas yang bersifat asam (seperti CO₂) ke atmosfer.

Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan kandungan bahan organik yang sudah didegradasi di suatu perairan digambarkan dengan nilai BOD. Nilai BOD merupakan nilai kebutuhan oksigen dalam proses dekomposisi bahan organik yang dapat terurai secara biologi (*biodegradable*) oleh mikroorganisme.

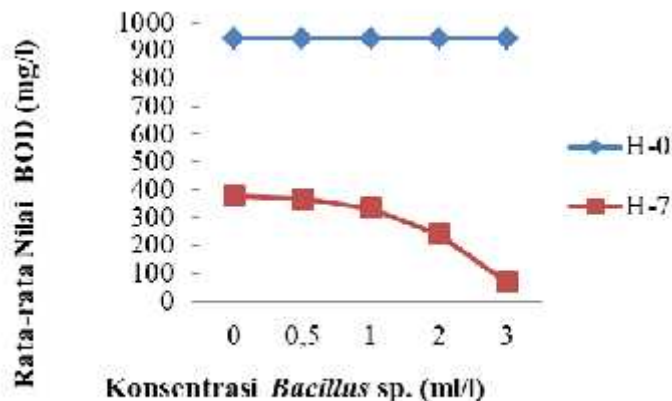
Pengamatan sebelum dilakukan pengolahan menunjukkan nilai BOD sebesar 243,60 mg/l. Rata-rata nilai BOD setelah dilakukan pengolahan diuji lanjut dengan uji DNMR pada taraf 5% disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata nilai BOD

Perlakuan	Rata-rata nilai BOD (mg/l)
P0 (<i>Chlorella</i> 800 ml + <i>Bacillus</i> 0 ml)	379,70 ^d
P1 (<i>Chlorella</i> 800 ml + <i>Bacillus</i> 0,5 ml)	366,90 ^d
P2 (<i>Chlorella</i> 800 ml + <i>Bacillus</i> 1 ml)	333,70 ^c
P3 (<i>Chlorella</i> 800 ml + <i>Bacillus</i> 2 ml)	241,80 ^b
P4 (<i>Chlorella</i> 800 ml + <i>Bacillus</i> 3 ml)	65,60 ^a

Tabel 3 menunjukkan bahwa konsentrasi pemberian mikroalga *Chlorella* sp. dan variasi konsentrasi *Bacillus* sp. yang berbeda mampu menurunkan nilai BOD terdapat pada limbah cair kelapa sawit. Nilai analisis BOD yang paling tinggi terdapat pada perlakuan dengan konsentrasi *Bacillus* sp. sebanyak 0 ml yaitu sebesar 379,70 mg/l, sedangkan yang paling rendah pada perlakuan konsentrasi *Bacillus* sp. sebanyak 3 ml yaitu sebesar 65,60 mg/l. Nilai ini sudah memenuhi standar baku yang ditetapkan yaitu 250 mg/l. Uji DNMR pengaruh pemberian konsentrasi *Bacillus* sp. yang berbeda terhadap penurunan nilai BOD limbah cair kelapa sawit dilihat bahwa perlakuan P0 dan P1 tidak berbeda nyata, sedangkan perlakuan P2, P3 dan P4 berbeda nyata dengan perlakuan yang lain.





Grafik 2. Nilai BOD hari ke-0 dan hari ke-7

Grafik 2 menunjukkan bahwa nilai BOD pada hari ke-0 setelah ditambahkan perlakuan sebesar 943,60 mg/l. Pada hari ke-7 terjadi penurunan nilai BOD yaitu berkisar 379,70 mg/l. Semakin tinggi konsentrasi *Bacillus sp.* yang diberikan pada limbah maka dapat terlihat terjadinya penurunan nilai BOD. Tingginya penurunan nilai BOD pada perlakuan ini disebabkan karena lebih banyak terdapat interaksi simbiosis antara mikroalga dan bakteri. Menurut Ginting (2007) reaksi oksidasi zat-zat organik dengan oksigen dalam air dimana proses tersebut dapat berlangsung karena peran dari simbiosis mikroalga dan bakteri. Jika dilihat pada konsentrasi *Bacillus sp.* sebanyak 0 ml/l yang merupakan kontrol (tanpa bakteri) dari perlakuan juga mengalami penurunan. Hal ini diduga bahwa pada limbah cair kelapa sawit terdapat bakteri pengurai yang hidup secara alami sehingga dapat mengakibatkan terjadi penurunan nilai BOD pada konsentrasi 0 ml/l.

Semakin banyak penambahan *Bacillus sp.* pada limbah maka semakin tinggi terjadinya penurunan nilai BOD. Hal ini karena *Bacillus sp.* memiliki kemampuan untuk merombak bahan organik dan anorganik yang terdapat pada limbah cair kelapa sawit, kemudian mikroalga *Chlorella sp.* memiliki kemampuan mengadsorpsi karbondioksida degradasi bahan organik oleh bakteri yang ada pada limbah cair melalui perusakan selnya dan menghasilkan O₂ dalam proses fotosintesisnya. Hasil penelitian Anas (2000) menunjukkan bahwa pemberian *Fusarium sp.* dalam menurunkan nilai COD limbah cair kelapa sawit lebih besar dibandingkan pemberian *Fusarium sp.* tanpa aerasi. Hal ini karena semakin banyak *Fusarium sp.* yang ditambahkan dan mendapatkan suplai O₂ dari pemberian aerasi maka semakin banyak bahan organik teroksidasi sehingga mempercepat proses degradasi bahan organik dalam limbah.

Hasil penelitian Ishartanto (2009) menunjukkan bahwa penambahan *Bacillus sp.* sebanyak 1 ml/l limbah ($1,5 \times 10^{16}$ CFU/ml) dapat menurunkan nilai BOD sebesar 96 %. Penurunan ini karena penambahan bakteri *Bacillus sp.* telah mempercepat dan optimalkan proses dekomposisi bahan organik. Sedangkan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan penambahan *Bacillus sp.* sebanyak 3 ml/l limbah ($1,6 \times 10^4$ CFU/ml) penurunan nilai BOD sebesar 91,31%. Hal ini karena perbedaan jumlah kepadatan sel yang digunakan, semakin banyak jumlah kepadatan sel bakteri yang digunakan maka semakin besar pengaruh terhadap proses penurunan nilai BOD.

Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) menggambarkan banyaknya kandungan bahan organik yang dapat dioksidasi secara kimiawi, baik yang bersifat *biodegradable* maupun *non biodegradable* di suatu perairan



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.
 Dilarang menggunakan gambar, foto, atau video tanpa izin Universitas Riau.
 Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi naskah ini tanpa izin Universitas Riau.

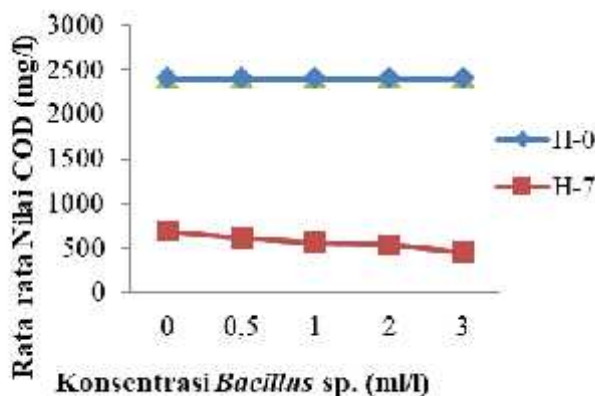
Pengamatan sebelum dilakukan pengolahan menunjukkan nilai COD sebesar 2.400 mg/l. Nilai ini belum memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan yaitu 500 mg/l. Rata-rata nilai COD setelah dilakukan pengolahan diuji lanjut dengan DNMRT pada taraf 5% disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata nilai COD

No	Perlakuan	Rata-rata nilai COD (mg/l)
1	P0 (Chlorella 800 ml + Bacillus 0 ml)	687,00 ^d
2	P1 (Chlorella 800 ml + Bacillus 0,5 ml)	612,50 ^c
3	P2 (Chlorella 800 ml + Bacillus 1 ml)	555,40 ^b
4	P3 (Chlorella 800 ml + Bacillus 2 ml)	539,60 ^b
5	P4 (Chlorella 800 ml + Bacillus 3 ml)	460,40 ^a

Tabel 4 menunjukkan bahwa konsentrasi pemberian mikroalga *Chlorella* sp. dengan variasi konsentrasi *Bacillus* sp. yang berbeda mampu menurunkan nilai COD yang terdapat pada limbah cair kelapa sawit. Nilai analisis COD yang paling tinggi terdapat pada perlakuan dengan konsentrasi *Bacillus* sp. sebanyak 0 ml yaitu sebesar 687,00 mg/l, sedangkan yang paling rendah pada perlakuan konsentrasi *Bacillus* sp. sebanyak 3 ml yaitu sebesar 460,40 mg/l. Nilai ini sudah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan yaitu 500 mg/l.

Uji DNMRT pengaruh pemberian konsentrasi *Bacillus* sp. yang berbeda terhadap penurunan nilai COD limbah cair kelapa sawit dapat dilihat bahwa perlakuan P2 dan P3 tidak berbeda nyata, sedangkan perlakuan P0, P1 dan P5 berbeda nyata dengan perlakuan yang lain.



Grafik 3. Nilai COD Hari ke-0 dan hari ke-7

Grafik 3 menunjukkan bahwa nilai COD hari ke-0 setelah ditambahkan perlakuan dengan variasi konsentrasi *Bacillus* sp. sebesar 2.400 mg/l. Pada hari ke-7 terjadi penurunan nilai COD yaitu berkisar 460,40 - 687,00 mg/l. Semakin tinggi konsentrasi *Bacillus* sp. maka terjadi penurunan nilai COD. Menurunnya COD dikarenakan semakin banyak penambahan bakteri *Bacillus* sp. maka akan banyak bahan organik yang akan terurai, hasil degradasi bahan organik oleh bakteri akan dimanfaatkan oleh mikroalga *Chlorella* sp. sebagai sumber utama karbon digunakan untuk mensintesis sel baru. Mikroalga *Chlorella* sp. yang ditambahkan pada limbah cair kelapa sawit akan mengalami fotosintesis.

Hasil penelitian Ishartanto (2009) mengenai pengolahan limbah cair domestik dengan perlakuan aerasi (12, 24, 48, dan 72 jam) dan penambahan bakteri *Bacillus* sp. sebanyak 1 ml/l, 2 ml/l, dan 3 ml/l (1.5×10^{16} CFU/ml) menunjukkan bahwa semakin



banyak pemberian *Bacillus* sp. dan aerasi yang semakin lama cenderung menyebabkan penurunan nilai COD sebesar 82%. Sedangkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan penambahan *Bacillus* sp. dan mikroalga *Chlorella* sp. mampu menurunkan nilai COD sebesar 76,02%. Penurunan nilai COD karena penggunaan aerasi dan mikroalga *Chlorella* sp. memiliki peran yang sama yaitu sebagai suplai O₂ bagi bakteri untuk membantu mempercepat proses degradasi bahan organik.

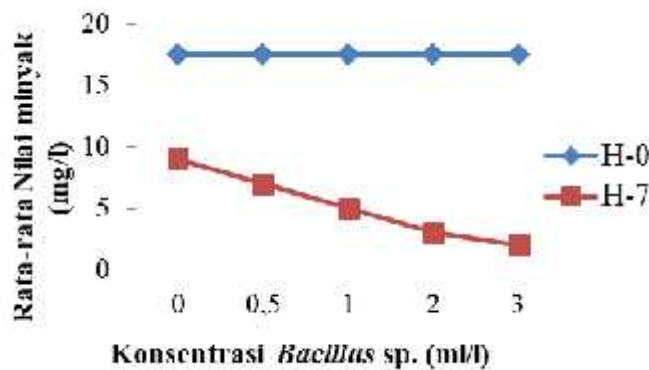
Minyak
Minyak merupakan zat pencemar yang sering dimasukkan kedalam kelompok padatan, yaitu padatan yang mengapung diatas permukaan air. Terbentuknya emulsi air dalam minyak akan membuat lapisan yang menutup permukaan air dan dapat menghalangi penetrasi sinar matahari kedalam air berkurang serta lapisan minyak menghambat pengambilan oksigen dari udara sehingga oksigen terlarut menurun.

Pengamatan sebelum dilakukan pengolahan menunjukkan nilai minyak sebesar 7.5 mg/l. Rata-rata nilai minyak setelah dilakukan pengolahan diuji lanjut dengan DNMR T pada taraf 5% disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata nilai minyak

No	Perlakuan	Rata-rata nilai minyak (mg/l)
1	P0 (<i>Chlorella</i> 800 ml + <i>Bacillus</i> 0 ml)	9,0 ^e
2	P1 (<i>Chlorella</i> 800 ml + <i>Bacillus</i> 0,5 ml)	7,0 ^d
3	P2 (<i>Chlorella</i> 800 ml + <i>Bacillus</i> 1 ml)	5,0 ^c
4	P3 (<i>Chlorella</i> 800 ml + <i>Bacillus</i> 2 ml)	3,0 ^b
5	P4 (<i>Chlorella</i> 800 ml + <i>Bacillus</i> 3 ml)	2,0 ^a

Tabel 5 menunjukkan bahwa konsentrasi pemberian mikroalga *Chlorella* sp. dengan variasi konsentrasi *Bacillus* sp. yang berbeda mampu menurunkan nilai minyak yang terdapat pada limbah cair kelapa sawit. Nilai analisis minyak yang paling tinggi terdapat pada perlakuan dengan konsentrasi *Bacillus* sp. sebanyak 0 ml yaitu sebesar 9 mg/l, sedangkan yang paling rendah pada perlakuan konsentrasi *Bacillus* sp. sebanyak 3 ml yaitu sebesar 2,0 mg/l. Nilai ini sudah memenuhi standar baku mutu ditetapkan yaitu 30 mg/l. Uji DNMR T pengaruh pemberian konsentrasi *Bacillus* sp. yang berbeda terhadap penurunan nilai minyak limbah cair kelapa sawit dapat dilihat bahwa perlakuan P3 dan P4 tidak berbeda nyata, sedangkan perlakuan P0, P1 berbeda nyata dengan perlakuan yang lain.



Grafik 4. Nilai minyak hari ke-0 dan hari ke-7

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel atau esai.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIRiau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak lagi karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin Universitas Riau.



Grafik 4 menunjukkan bahwa nilai minyak hari ke-0 setelah ditambahkan perlakuan sebesar 17.5 mg/l. Pada hari ke-7 terjadi penurunan nilai minyak yaitu berkisar 0-9,0 mg/l. Semakin tinggi konsentrasi *Bacillus* sp. yang diberikan pada limbah maka dapat terlihat terjadinya penurunan nilai minyak. *Bacillus* sp. mampu memanfaatkan bahan organik yang terkandung didalam limbah dengan cara melepaskan enzim untuk menguraikan senyawa organik untuk menghasilkan produk sampingan berupa gas karbondioksida (CO), metana (CH₄), hidrogen (H₂) dan air (H₂O), serta energi sebagai penunjang aktivitas metabolisme (Sumarsih, 2008).

Menurut Sutiamiharjo (2008) Karakteristik *Bacillus* sp. adalah *selulolitik*, *proteolitik*, *lipolitik*, dan *amilolitik*. Enzim ekstraseluler *Bacillus* sp sangat efisien dalam memecah berbagai senyawa karbohidrat, minyak dan protein rantai panjang menjadi unit-unit rantai pendek atau senyawa-senyawa yang lebih sederhana. Kemudian mikroalga menyerap dan menyimpan bahan pencemar didalam jaringan setelah didegradasi oleh mikroba. Cohen *etal.* (2003) mengemukakan bahwa mikroalga mampu melakukan bioremediasi dengan menyediakan lingkungan yang sesuai untuk mikroba bisa mengurai senyawa hidrokarbon minyak.

Hasil penelitian Muhammad (2006) menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair domestik dengan menggunakan aerasi dan penambahan bakteri *Pseudomonas* sp. dapat menurunkan nilai minyak sebesar 93 %. Penurunan kadar minyak terjadi karena adanya mikrobia yang mampu menghasilkan enzim lipase sehingga berperan menurunkan kadar minyak. Hasil penelitian Priyani dkk. (2012) menunjukkan bahwa *Pseudomonas* sp. banyak ditemukan dilimbah cair kelapa sawit. Pengujian terhadap aktivitas enzim lipase ekstra sel dari spesies tersebut mampu menguraikan trigliserida menjadi asam lemak bebas.

Total Suspended Solid (TSS)

Nilai TSS menggambarkan jumlah partikel tersuspensi pada suatu perairan. Sehingga nilai TSS pada suatu perairan dapat menyebabkan peningkatan kekeruhan sehingga menghalangi intensitas cahaya yang masuk dan menghambat proses fotosintesis, selain itu dapat menyebabkan pendangkalan pada perairan. Menurut Priyani (2003), TSS atau padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan organik tertentu, tanah liat dan lainnya.

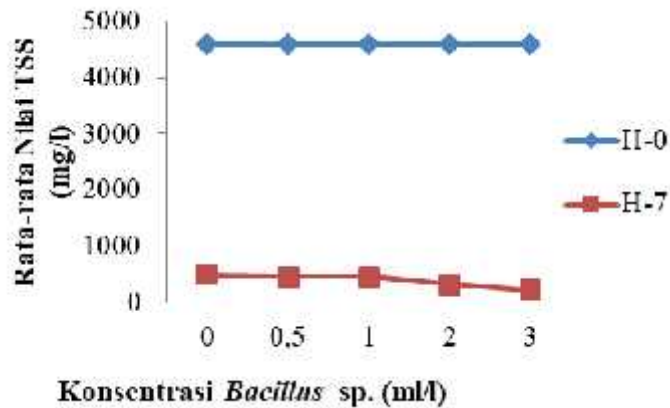
Pengamatan sebelum dilakukan pengolahan menunjukkan nilai TSS sebesar 4.567 mg/l. Rata-rata nilai TSS setelah dilakukan pengolahan diuji lanjut dengan DNMRT pada 95% disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata nilai TSS

Perlakuan	Rata-rata nilai TSS (mg/l)
P0 (Chlorella 800 ml + Bacillus 0 ml)	490,00 ^d
P1 (Chlorella 800 ml + Bacillus 0,5 ml)	462,50 ^c
P2 (Chlorella 800 ml + Bacillus 1 ml)	460,00 ^c
P3 (Chlorella 800 ml + Bacillus 2 ml)	325,00 ^b
P4 (Chlorella 800 ml + Bacillus 3 ml)	222,50 ^a



Tabel 6 menunjukkan bahwa konsentrasi pemberian mikroalga *Chlorella* sp. dengan variasi konsentrasi *Bacillus* sp. yang berbeda mampu menurunkan nilai TSS yang terdapat pada limbah cair kelapa sawit. Nilai TSS yang paling tinggi terdapat pada perlakuan dengan konsentrasi *Bacillus* sp. sebanyak 0 ml yaitu sebesar 490,00 mg/l, sedangkan yang paling rendah pada perlakuan konsentrasi *Bacillus* sp. sebanyak 3 ml yaitu sebesar 222,50 mg/l. Nilai ini sudah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan yaitu 300 mg/l. Uji DNMRTP pengaruh pemberian konsentrasi *Bacillus* sp. yang berbeda terhadap penurunan nilai TSS limbah cair kelapa sawit dapat dilihat bahwa perlakuan P1 dan P2 tidak berbeda nyata, sedangkan perlakuan P0, P3 dan P4 berbeda nyata dengan perlakuan yang lain.



Grafik 5. Nilai TSS hari ke-0 dan hari ke-7

Grafik 5 menunjukkan bahwa nilai TSS hari ke-0 setelah ditambahkan perlakuan sebesar 4.567 mg/l. Pada hari ke-7 terjadi penurunan nilai TSS yaitu berkisar 222,50-490,00 mg/l. Semakin tinggi konsentrasi *Bacillus* sp. yang diberikan pada limbah maka dapat terlihat terjadinya penurunan nilai TSS. Efektifitas penurunan yang cukup besar menunjukkan pengaruh simbiosis mikroalga dan bakteri untuk mereduksi kandungan pencemar. Penurunan nilai TSS yang signifikan akibat penambahan mikroalga dan bakteri *Bacillus* sp. yang mempercepat proses dekomposisi bahan organik, lalu diikuti proses flokulasi bakteri yang kemudian mengendap setelah didiamkan selama 30 menit. Kemudian peranan mikroalga dalam penurunan TSS dimana pada awal kultur padatan dalam limbah cair kelapa sawit berupa bahan-bahan mineral yang sangat dibutuhkan mudah dimanfaatkan oleh mikroalga, sehingga aktivitas mikroalga dalam reduksi TSS lebih tinggi pada usia muda. Selanjutnya yang tertinggal dalam air adalah bentuk flokulan yang dapat menjaring dan mengendapkan sel-sel mikroalga.

Hasil penelitian Ishartanto (2009) menunjukkan bahwa penurunan nilai TSS dengan penambahan *Bacillus* sp. dan aerasi yaitu 60% lebih besar dibandingkan penambahan *Bacillus* sp. tanpa aerasi yaitu 16%. Penurunan nilai TSS yang signifikan karena pemberian aerasi dan penambahan bakteri *Bacillus* sp. yang mempercepat proses dekomposisi bahan organik, lalu diikuti proses flokulasi bakteri yang kemudian mengendap setelah aerator dimatikan selama 30 menit. Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian aerasi dan penambahan bakteri *Bacillus* sp. memberikan pengaruh nyata pada penurunan nilai parameter TSS di dalam air limbah olahan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
a. Pengutipan untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel atau buku dan sebagainya.
b. Pengutipan untuk keperluan pengiklanan, promosi, iklan atau pemasaran barang dan jasa.
2. Dilarang menjiplak dan menyalin seluruh atau sebagian isi karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau



KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan mikroalga *Chlorella* sp. dengan beberapa variasi konsentrasi *Bacillus* sp. berpengaruh nyata terhadap nilai pH, BOD, COD, Minyak dan TSS. Perlakuan terbaik yang dipilih adalah perlakuan 4 yaitu perlakuan penambahan mikroalga *Chlorella* sp. sebanyak 800 dengan konsentrasi *Bacillus* sp. sebanyak 3 ml/l ($1,6 \times 10^5$ CFU/ml) mengalami penurunan terbesar terhadap nilai BOD = 91,31 %, COD = 76,02 %, Minyak = 85,71 % dan TSS = 89,93% sedangkan nilai pH mengalami peningkatan sebesar 8,72.

Saran

Disarankan untuk melakukan penelitian pengolahan limbah cair kelapa sawit dengan memvariasikan jumlah konsentrasi limbah cair dan mengkaji pengaruh lama inkubasi serta suhu untuk menurunkan nilai pencemaran limbah cair kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahuja, 2005. Annual Report of POM PT Pinago Utama. Sugiwaras Sekayu Palembang. 93 hal
- Aprilia, T. 2008. Kombinasi bakteri dan tumbuhan air sebagai bioremedia dalam mereduksi kandungan bahan organik limbah kantin. Skripsi. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Chohet, M., Yamasaki, H., dan Mazzola, M. 2003. *Degradation of Petroleum Hydrocarbons by Plant-Microbe System*. Abstrak. Diperoleh dari 11 Agricultural Research Service United States Department of Agriculture database
- Perkebunan Propinsi Riau. 2014. Profil Perkebunan di Propinsi Riau.
- PPHP. 2006. Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Minyak Sawit.
- Subdit Pengelolaan Lingkungan Direktorat Pengelolaan Hasil Pertanian Ditjen PPHP, Departemen Pertanian.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta.
- Y. 2008. Penggunaan Bakteri *Bacillus* sp. dan *Cromobacterium* sp. untuk Menurunkan Kadar Minyak Nabati dalam Air. Skripsi. Departemen Manajemen Sumber daya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- ..., perdana. 2007. Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri. Yrama widya. Bandung.
- ..., E. Z. 2011. Potensi Pemanfaatan *Chlorella pyrenoidosa* Dalam Pengelolaan Limbah Cair Kelap Sawit. Tesis Pascasarjana Ilmu Lingkungan Universitas Riau. Pekanbaru
- ..., W. A. 2009. Pengaruh Aerasi dan Penambahan Bakteri *Bacillus* sp. dalam Mereduksi Bahan Pencemar Organik Air Limbah Domestik. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- ..., Menteri Lingkungan Hidup. 1995. Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri. Jakarta: KEP-51/MENLH/10/1995.
- ..., P. 2004. Ekologi Industri. LPPM Universitas Kristen PETRA. Surabaya dan Penebit Andi. Yogyakarta.
- ..., D., Mills, S. W., Pearson, H. W., & Alabaster, G.P. 2007. Waste Stabilization Ponds : a Viable Alternative for Small Community Treatment Systems. Water and Environment Journal, 74.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

Pratiyanti, N, Jamilah, dan Mizarwati. 2002. Aktivitas enzim lipase ekstrasel *Pseudomonas sp* dalam menguraikan minyak limbah cair kelapa sawit pengaruh konsentrasi substrat. Universitas Sumatra Utara. Medan

Suliasari RK, Darmoko, Wulfred W, Gindulis. 2001. Pengelolaan Limbah Cair Kelapa Sawit dengan Reaktor Anaerobik Unggun Tetap Tipe Aliran Ke Bawah. *Warta PPKS*. 9:75-81.

