

**PERAN BAKTERI INDIGEN LIMBAH CAIR NANAS TERHADAP PERUBAHAN BOD
DAN TSS DAN IMPLEMENTASINYA PADA
PEMBELAJARAN BIOLOGI**

AGUS SUTANTO¹, NURUL HUDA²

¹Biology Education Depatement University of Muhammadiyah Metro

²SMAN 1 Kota bumi Lampung Utara

E-mail: ¹ *sutanto11@gmail.com*

ABSTRACT

Pineapple Liquid Waste (LCN) contained indigene bacteria which able to degrade the organic matters within that shown by BOD and TSS parameters. The isolation of those bacteria was conducted in this research. The research objectives were: 1) obtaining the indigene bacteria species which able to degrade the organic matters; 2) examining the potency of those isolates; 3) identifying the bacteria species from the most potential isolates; 4) determing the most effective consortia combination; and 5) applying the results on learning process using Scientific Process Skills approach. The results showed that there were 11 isolates and the most potential bacteria species in degrading the organic matters were: *Bacillus substilis* and *Bacillus sphaericus*. Furthermore, the most affective consortia combination were the IK, which contained both of the most potential bacteria species as mentioned before. Thus, the results were turned into a Biology learning source in the form of Scientific Process Skills student worksheet.

Keywords: *bioremediation, LCN, indigene bacteria, Scientific Process Skills*

PENDAHULUAN

Limbah Cair Nanas dapat ditangani memlalui alternatif starter alamiah dengan mencari isolat bakteri indigen yang memiliki kemampuan menguraikan bahan-bahan organik yang terdapat di dalam LCN tersebut, karena bakteri indigen umumnya lebih teradaptasi dengan limbah yang ada. Berdasarkan hal tersebut maka dalam penelitian ini, akan dilakukan isolasi bakteri yang memiliki kemampuan menguraikan bahan-bahan organik dalam LCN dengan parameter, BOD dan TSS.

Permasalahan tersebut di atas berkaitan erat dengan konsep biologi yang diajarkan pada siswa Sekolah Menengah Atas (SMA) khususnya materi “Bakteri” dengan Kompetensi Dasar yang telah ditetapkan dalam kurikulum terbaru, kurikulum 2013 yaitu “Menyajikan data tentang ciri-ciri dan peran *archaebacteria* dan *eubacteria* dalam kehidupan berdasarkan hasil pengamatan dalam bentuk laporan tertulis”.

Kompetensi dasar ini menuntut pengalaman belajar yang diperoleh siswa berupa kemampuan melakukan pengamatan ciri-ciri morfologi bakteri, dan peranannya bagi kehidupan, serta kemampuan menyusun laporan tertulis berdasarkan hasil pengamatan. Hal ini sangat sesuai dengan tuntutan implementasi kurikulum 2013 bahwa pembelajaran yang dikehendaki adalah pembelajaran yang mengedepankan pada pendekatan ilmiah (*scientific approach*) dan proses belajar yang berpusat pada peserta didik (*student centered active learning*) dengan sifat

pembelajaran yang kontekstual.

Adapun yang menjadi tujuan pada penelitian ini adalah: 1) memperoleh spesies bakteri indigen dalam LCN yang mampu menguraikan bahan organik, 2) menguji potensi isolat bakteri indigen LCN yang dapat mengurai bahan organik, 3) mengidentifikasi spesies bakteri yang berasal dari LCN yang paling potensial. 4) menentukan kombinasi konsorsia yang paling berpengaruh terhadap penguraian bahan organik LCN dengan parameter BOD dan TSS. 5) Menerapkan hasil penelitian dalam proses pembelajaran menggunakan pendekatan Keterampilan Proses Sains.

METODE

Penelitian ini terbagi menjadi tiga tahapan penelitian yaitu, tahap pertama dilakukan observasi karakteristik bakteri yang berpotensi sebagai pengurai limbah organik nanas, tahap kedua pengujian kemampuan penguraian secara *in vitro*, dan tahap ketiga implementasi hasil penelitian dalam proses pembelajaran di kelas.

Tahap pertama, melakukan observasi ke PT *Great Giant Pineapple* (GGP) Lampung untuk menggali informasi mengenai PT GGP Lampung secara umum dan khusus mengenai IPAL dari seluruh inlet yang ada. Sampel Limbah Cair Nanas kemudian diperiksa untuk diisolasi dan diidentifikasi isolat bakterinya di Laboratorium Mikrobiologi Universitas Lampung dan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang. Potensi hidrolisis dari setiap isolat dihitung berdasarkan nisbah diameter zona bening terhadap diameter koloni bakteri yang tumbuh. Nilainya disebut dengan indeks hidrolisis.

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh jenis isolat terhadap indeks hidrolisis, data dianalisis dengan Analisis varians (Uji F) tunggal pada taraf uji 0,05 dan 0,01. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, berarti ada pengaruh.

Tahap kedua, pengujian kemampuan penguraian secara *in vitro*, penelitian ini dilakukan dua tahap yakni uji kemampuan penguraian masing-masing isolat dan uji kemampuan penguraian dengan konsorsia bakteri.

1. Uji Kemampuan Penguraian masing-masing Isolat

Penelitian ini menggunakan rancangan Acak kelompok (RAK) disusun secara faktorial. Terdiri dari 2 faktor yaitu variasi inokulum dan waktu inkubasi. Faktor variasi inokulum terdiri n kombinasi yaitu kombinasi terdiri dari Isolat 1 sampai dengan isolat ke: n dan satu control. Faktor waktu inkubasi terdiri dari 2 kombinasi, meliputi pengamatan awal percobaan, dan hari keenam. Jumlah ulangan (diasumsikan minimal 11 isolat) maka berdasarkan $(t-1)(r-1) \geq 4$; $t: 12 \times 2 = 24$ maka $r=2$, sehingga ulangan sebanyak 2 kali. Hasil penelitian dianalisis menggunakan uji F Anava (analisis faktorial) yang diikuti uji lanjut Duncan pada sumber variasi yang menunjukkan perbedaan signifikan.. Analisis data menggunakan seri program statistik *SPSS versi 16.0. for Windows*.

2. Uji Kemampuan Penguraian menggunakan konsorsia Isolat.

Hasil pengujian kemampuan masing-masing isolat dalam mendegradasi limbah organik dipilih 3 isolat paling potensial didasarkan pada kemampuan degradasi bahan organik. Masing-masing isolat dikombinasikan,

dengan kombinasi 2, dan 3 isolat bakteri, selanjutnya diuji untuk menentukan konsorsia yang paling potensial mendegradasi LCN.

Hasil penelitian dianalisis menggunakan uji F (analisis faktorial) yang diikuti uji lanjut Duncan pada sumber variasi yang menunjukkan perbedaan signifikan.. Analisis data menggunakan seri program statistik *SPSS versi 16.0 for Windows*.

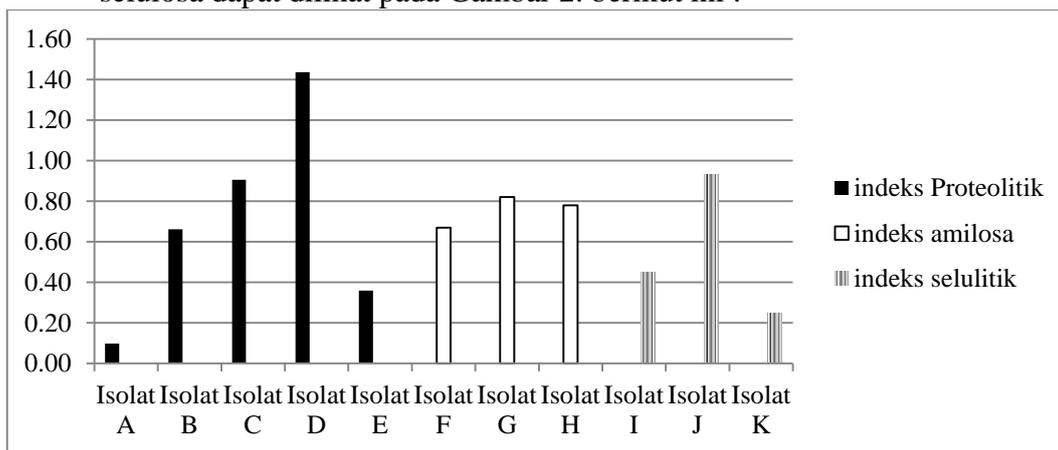
Tahap ketiga, Hasil penelitian ini akan Implementasi dalam proses pembelajaran di kelas yang dilaksanakan di SMA Negeri 1 Kotabumi di kelas X IPA, Semester Ganjil, Tahun Pelajaran 2013/2014, pada pokok bahasan Bakteri dan peranannya bagi kehidupan dengan menggunakan pendekatan Keterampilan Proses Sains. Sebelumnya dilakukan pentelaahan silabus sesuai kurikulum 2013, dilanjutkan dengan penyusunan RPP dan LKS berbasis Keterampilan Proses Sains yang akan digunakan sebagai Sumber belajar. Selama proses pembelajaran berlangsung dilakukan observasi Keterampilan Proses Sains Siswa dengan menggunakan lembar Observasi, dan juga dilakukan Penilaian sikap (Afektif) siswa, berdasarkan Kompetensi Inti 2 (KI 2) meliputi aspek disiplin, kerjasama, teliti, tekun dan tanggung jawab

HASIL

1. Hasil Analisis Tahap Pertama Observasi Mengenai Karakteristik Isolat Bakteri Berpotensi Pengurai.

Hasil pengujian Indek hidrolisis diperoleh 11 kandiad isolat bakteri dengan karakter pendegradasi, terdiri dari 5 kandidat isolat yang memiliki kemampuan menghidrolisis protein, 3 kandidat isolat memiliki kemampuan menghidrolisis amilum dan 3 kandidat isolat memiliki kemampuan hidrolisis selulosa.

Kemampuan bakteri dalam menghidrolisis protein, amilum dan selulosa dapat dilihat pada Gambar 2. berikut ini :



Gambar 2. Kemampuan bakteri dalam menghidrolisis protein, amilum, dan selulosa.

Gambar 2. menunjukkan kemampuan ke-11 isolat bakteri dalam menghidrolisis bahan organik dalam LCN, berdasarkan gambar tersebut

urutan dari tertinggi ke rendah untuk hidrolisis protein adalah, isolat D, C, B, E, A, untuk amilum, G, H, F, dan untuk selulosa, J, I, K.

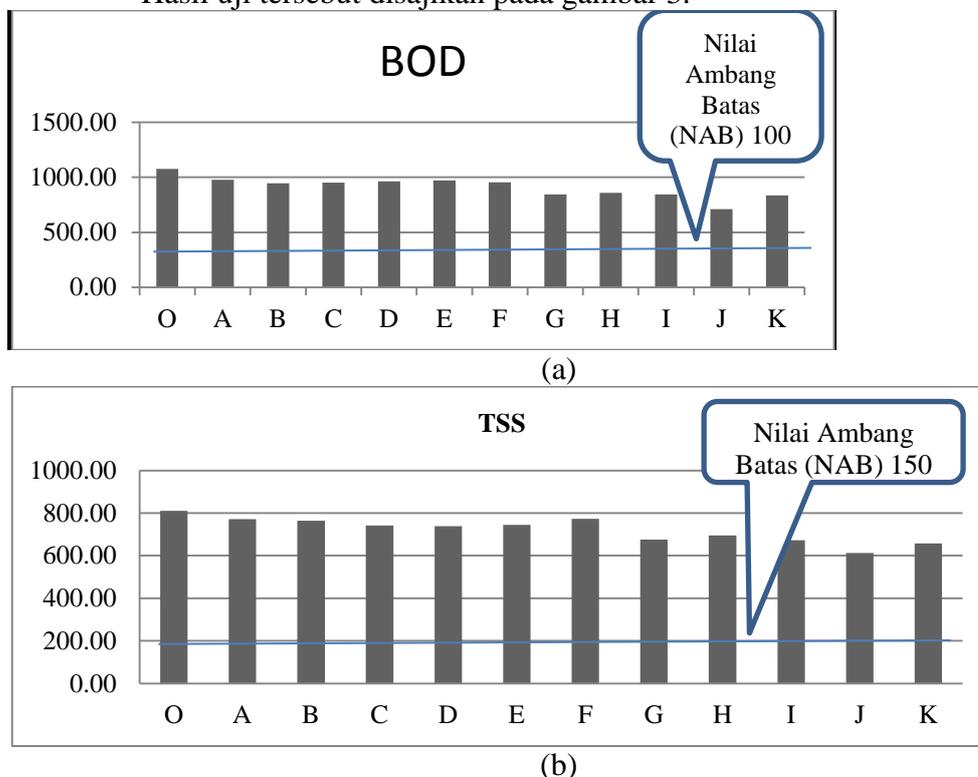
Indek hidrolisi protein, amilum dan selulosa, dianalisis secara statistik menggunakan Anava, hasil uji hipotesis diperoleh $P = 0,524$ ($P > 0,01$) untuk hidrolisis protein, $P = 0,042$ ($P > 0,01$) untuk hidrolisis amilum, dan $P = 0,0136$ ($P > 0,01$) untuk hidrolisis selulosa. Kesimpulan yang diambil adalah H_1 ditolak dan H_0 diterima. Dengan demikian hipotesis penelitian ini ditolak, yaitu tidak ada perbedaan indeks hidrolisis protein, amilum dan selulosa.

2. Hasil Analisis data Tahap Ke dua Pengujian Penguraian Secara *In Vitro* di Laboratorium Mikrobiologi.

Hasil analisis data penelitian tahap kedua ini meliputi dua tahapan, tahap pertama bertujuan untuk menentukan kemampuan penguraian masing-masing isolat bakteri yang paling potensial dan tahap kedua bertujuan untuk menentukan kemampuan penguraian dengan konsorsia bakteri yang paling potensial.

a. Hasil Analisis data Kemampuan Penguraian masing-masing Isolat bakteri.

Kemampuan isolat bakteri mendegradasi bahan organik dalam limbah diuji menggunakan Limbah Cair Nanas (LCN) steril dengan mengamati kemampuan menurunkan BOD dan TSS selama inkubasi 6 hari. Data Hasil uji tersebut disajikan pada gambar 3.



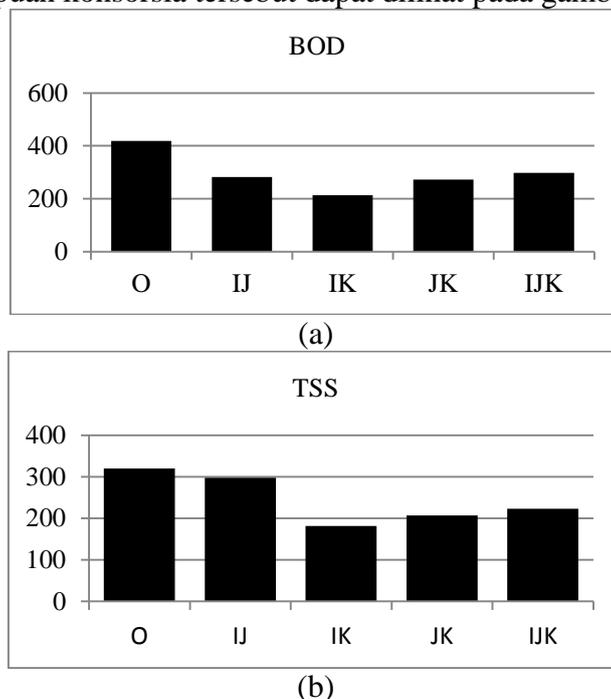
Gambar 3. Kemampuan masing-masing bakteri dalam menurunkan BOD (a) dan TSS (b) dalam limbah selama inkubasi 6 hari.

Pada Gambar 3. menunjukkan masing-masing isolat bakteri memperlihatkan kemampuan yang berbeda dalam menurunkan BOD dan TSS Limbah cair Nanas (LCN) dibandingkan kontrol (O). Berdasarkan diagram tersebut terlihat bahwa isolat yang paling potensial dalam menurunkan BOD dan TSS adalah isolat I, J dan K. Selanjutnya dilakukan pengujian hipotesis untuk mengetahui perbedaan kemampuan menurunkan BOD dan TSS Limbah Cair Nanas (LCN) dengan menggunakan uji statistik Anava. Hasil uji hipotesis diperoleh $P = 0,000$ ($P < 0,001$) untuk BOD, dan $P = 0,000$ ($P < 0,01$) untuk TSS. Kesimpulan yang diambil adalah H_0 ditolak dan H_1 diterima, dengan demikian hipotesis penelitian diterima, yaitu ada perbedaan yang sangat nyata.

b. Analisis Data Hasil Uji Kemampuan Penguraian Menggunakan Konsorsia Isolat Bakteri.

Penelitian tahap kedua bertujuan untuk menentukan perlakuan konsorsia bakteri yang paling potensial dalam menguraikan bahan organik dalam Limbah Cair Nanas (LCN) berdasarkan kemampuan bakteri tersebut dalam menurunkan BOD dan TSS *skala in vitro*. Sebelumnya dari hasil analisis data pada tahapan pertama yaitu penentuan kemampuan penguraian masing-masing isolat bakteri, diperoleh 3 isolat yang paling potensial dalam menurunkan BOD dan TSS Limbah Cair Nanas (LCN), yaitu isolat I, J, dan K.

Ketiga isolat bakteri tersebut kemudian dikombinasikan untuk mengetahui perbedaan kemampuan konsorsia dalam menurunkan BOD dan TSS Limbah Cair Nanas (LCN) dengan perlakuan kombinasi 2 dan 3 bakteri, yaitu kombinasi konsorsia IJ, IK, JK dan IJK. Data hasil pengujian kemampuan konsorsia tersebut dapat dilihat pada gambar 4. berikut ini :



Gambar 4. Kemampuan konsorsia bakteri dalam menurunkan BOD (a) dan TSS (b) selama inkubasi 6 hari.

Selanjutnya dilakukan pengujian hipotesis untuk mengetahui perbedaan kemampuan konsorsia isolat bakteri tersebut dalam menurunkan BOD dan TSS Limbah Cair Nanas (LCN) Steril. Hasil uji Anava diperoleh $P = 0,010$ ($P < 0,05$) untuk BOD dan $P = 0,000$ ($P < 0,05$) untuk TSS. Kesimpulan yang diambil adalah H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dengan demikian Hipotesis penelitian diterima, ada perbedaan kemampuan konsorsia bakteri dalam menurunkan BOD dan TSS, LCN.

3. Tahap Ketiga Deskripsi Data Implementasi Hasil Penelitian dalam Proses Pembelajaran di Kelas.

Implementasi hasil penelitian dalam proses pembelajaran biologi dilakukan di kelas X IPA 1 SMA N 1 Kotabumi, yang terdiri dari 36 siswa, diperoleh data hasil observasi Keterampilan Proses Sains sesuai Permendikbud No 81 A Tahun 2013, Peserta didik memperoleh nilai adalah sebagai berikut: 21 siswa memperoleh predikat sangat baik dan 15 siswa memperoleh predikat baik. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Observasi Keterampilan Proses Sains siswa

No	Range skor	Frekuensi	Predikat
1	$3,33 < \text{skor} \leq 4,00$	21	Sangat Baik
2	$2,33 < \text{skor} \leq 3,33$	15	Baik
3	$1,33 < \text{skor} \leq 2,33$	0	Cukup
4	$\text{skor} \leq 1,33$	0	Kurang

Selain itu juga dalam implementasi ini juga dilakukan observasi terhadap aspek Afektif siswa berdasarkan Kompetensi Inti 2 (KI 2) meliputi aspek disiplin, kerjasama, teliti, tekun dan tanggung jawab. Di peroleh data hasil observasi sebagai berikut: 16 siswa memperoleh predikat sangat baik dan 20 siswa memperoleh predikat baik. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Observasi Aspek Afektif siswa

No	Range skor	Frekuensi	Predikat
1	$3,33 < \text{skor} \leq 4,00$	20	Sangat Baik
2	$2,33 < \text{skor} \leq 3,33$	16	Baik
3	$1,33 < \text{skor} \leq 2,33$	0	Cukup
4	$\text{skor} \leq 1,33$	0	Kurang

PEMBAHASAN

1. Isolat-Isolat Bakteri Indigen Limbah Cair Nanas

Dari hasil penelitian tahap pertama mengenai karakteristik isolat bakteri berpotensi pengurai, setelah dilakukan penapisan bakteri indigen dalam LCN berhasil di peroleh 11 kandidat isolat bakteri yang memiliki kemampuan menghidrolisis bahan organik yang terdiri dari 5 kandidat isolat bakteri yang memiliki kemampuan menghidrolisis protein, 3 kandidat isolat

bakteri memiliki kemampuan menghidrolisis amilum dan 3 kandidat isolat bakteri yang mampu menghidrolisis selulosa.

Kemampuan hidrolisis ini didasarkan pada karakterisasi indeks hidrolisis yang berperan untuk memilih bakteri yang paling berpotensi hidrolitik. Jika bakteri memiliki indeks hidrolisis besar diasumsikan bahwa kemampuan hidrolitiknya tinggi, demikian pula sebaliknya jika indeks hidrolisis kecil maka kemampuan hidrolitiknya rendah.

Berdasarkan hasil identifikasi spesies strain bakteri yang dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran UB Malang terhadap ke 11 isolat bakteri indigen LCN hasil isolasi tersebut, ternyata hanya terdiri dari 4 spesies potensial yaitu, 1 spesies *Bacillus firmus* (isolat A), 7 spesies *Bacillus cereus* (isolat B, C, D, E, F, G, dan H), 2 spesies *Bacillus subtilis* (isolat I dan K) dan 1 spesies *Bacillus sphaericus* (isolat J).

Bacillus firmus, hanya memiliki kemampuan menghidrolisis protein, *Bacillus cereus*, memiliki kemampuan menghidrolisis protein dan amilum, *Bacillus subtilis* dan *Bacillus sphaericus* hanya memiliki kemampuan menghidrolisis selulosa.

Dalam merombak bahan organik, biasanya bakteri hidup bebas di luar organisme lain, tetapi ada sebagian kecil yang hidup dalam saluran pencernaan hewan (mamalia, rayap, dan lain-lain). Bakteri yang berkemampuan tinggi dalam memutus ikatan rantai C penyusun senyawa lignin (pada bahan yang berkayu), selulosa (pada bahan yang berserat) dan hemiselulosa yang merupakan komponen penyusun bahan organik sisa tanaman, secara alami merombak lebih lambat dibandingkan pada senyawa polisakarida yang lebih sederhana (amilum, disakarida, dan monosakarida). Demikian pula proses penguraian senyawa organik yang banyak mengandung protein (misal daging), secara alami berjalan relatif cepat. (<http://chachubbygirl.blogspot.com/2013>)

Berdasarkan kandungan bahan-bahan organik yang ada dalam limbah, maka proses transformasi dari bahan organik yang terjadi adalah proses penguraian, antara lain meliputi hidrolisis: protein, karbohidrat, lemak. Sedangkan terjadinya proses transformasi dalam air limbah tersebut adalah akibat terselenggaranya reaksi enzimatik yang diproduksi oleh bakteri pengurai secara hidrolisis, Madigan (dalam Sutanto, 2010).

Dari penjelasan di atas dapat dipahami bahwa sel bakteri tersebut memanfaatkan limbah sebagai bahan makanan beserta oksigen dan nutrisi lainnya. Aktifitas sel bakteri tersebut akan menghasilkan enzim, air dan CO₂, proses ini memungkinkan limbah dalam bentuk molekul kompleks akan menjadi molekul yang sederhana dan aman bagi lingkungan.

2. Potensi Isolat dan Konsorsia Isolat Bakteri Pendegradasi Bahan organik

Penelitian kemampuan isolat bakteri dalam mendegradasi bahan organik secara *in vitro* bertujuan menentukan isolat yang paling potensial dan perlakuan konsorsia yang paling tepat terhadap penguraian Limbah cair Nanas, ditinjau dari parameter BOD dan TSS.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat yang paling potensial dalam menurunkan BOD dan TSS Limbah Cair Nanas adalah isolat I, J dan

K, yang terdiri dari 2 spesies bakteri indigen yaitu; *Bacillus subtilis* (isolat I dan K) dan *Bacillus sphaericus* (isolat J). Kedua spesies bakteri tersebut merupakan bakteri yang mampu mendegradasi selulosa.

Dari perlakuan konsorsia yang terdiri dari 2, dan 3 bakteri, hasilnya secara nyata berbeda dalam mereduksi Limbah cair nanas. Penggunaan 2 konsorsia bakteri yang sama (isolat I dan K) keduanya adalah spesies *Bacillus subtilis*, berdasarkan hasil penelitian ini paling efektif mereduksi bahan organik LCN yang ditunjukkan dengan kemampuannya dalam menurunkan BOD dan TSS paling rendah, jika dibandingkan dengan konsorsia JK (*Bacillus sphaericus* dengan *Bacillus subtilis*). Sedangkan perlakuan konsorsia dengan 3 spesies bakteri, yaitu 2 spesies *Bacillus subtilis* dengan 1 spesies *Bacillus sphaericus* juga kurang efektif dibandingkan dengan kombinasi konsorsia IK.

Temuan dalam penelitian ini agak berbeda dengan beberapa penelitian bioremediasi sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Purwati (1987) memperlihatkan bahwa mikroba campuran lebih baik dalam menurunkan kadar senyawa organik beracun dari limbah cair industri pulp dibandingkan dengan biakan murni *Pseudomonas fluorescent* dan *P. pyoceanae*. Sejalan dengan itu penelitian yang dilakukan Sutanto (2010) menunjukkan bahwa penggunaan empat konsorsia bakteri paling efektif mereduksi bahan organik LCN ditunjukkan dengan kenaikan pH dan penurunan BOD, COD dan TSS. Konsorsia tersebut terdiri dari ; *Bacillus cereus*, *Acinetobacter baumannii*, *Bacillus subtilis*, dan *Pseudomonas pseudomallei*.

Lebih lanjut Kusnadi, dkk (2003) menyatakan bahwa komunitas mikroba campuran penting untuk bioremediasi kontaminan organik campuran, merupakan metode yang sering digunakan untuk mineralisasi senyawa berbahaya spesifik. Mikroorganisme secara tersendiri tidak dapat melakukan mineralisasi sebagian besar senyawa berbahaya. Mineralisasi sempurna dihasilkan oleh campuran mikroorganisme. Tahap degradasi terjadi ketika organisme kedua mendegradasi produk metabolik pertama, kedua, ketiga dan seterusnya untuk menghasilkan mineralisasi sempurna suatu senyawa organik.

Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat dipahami bahwa dengan keberadaan konsorsia bakteri, akan lebih banyak pekerjaan yang bisa diselesaikan secara bersama-sama oleh anggota konsorsia tersebut, karena di dalam proses transformasi suatu bahan organik meliputi proses detoksifikasi, degradasi dan mineralisasi, masing-masing anggota konsorsia akan bekerja pada wilayahnya masing-masing, dan keberhasilan dari proses-proses tersebut tidak terlepas dari kemampuan interaksi antar anggota konsorsia tersebut.

Kehadiran spesies mikroba tertentu akan dipengaruhi oleh ada atau tidak adanya anggota spesies lain dari komunitas itu. Beberapa spesies yang ada dalam komunitas akan berinteraksi satu sama lain, bentuk interaksinya bisa positif dan bisa juga negatif. Interaksi positif terjadi dalam bentuk interaksi kooperatif, artinya bisa terjalin kerjasama yang baik antar bakteri anggota konsorsia tersebut. Sebaliknya interaksi negatif terjadi jika tidak terjadi kerjasama yang baik antar bakteri-bakteri yang terlibat dalam suatu

konsorsia dalam mentransformasi bahan-bahan organik dalam limbah tersebut.

Hal inilah yang diduga oleh peneliti menjadi penyebab mengapa konsorsia antara bakteri *Bacillus sphaericus* dengan *Bacillus subtilis* baik dalam kombinasi IJ, JK, dan juga IJK, kurang efektif dalam menurunkan BOD dan TSS Limbah cair Nanas, jika dibandingkan dengan kombinasi konsorsia IK, yang merupakan gabungan 2 spesies yang sama yaitu *Bacillus subtilis* yang terbukti lebih efektif dalam menurunkan BOD dan TSS Limbah Cair Nanas dalam penelitian ini. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai interaksi antar spesies bakteri dalam konsorsia terhadap keberhasilan proses bioremediasi limbah tersebut.

3. Tahap Ketiga Deskripsi Implementasi Hasil Penelitian dalam Proses Pembelajaran di Kelas

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan tentang Bioremediasi Bahan Organik Dalam Limbah Cair Nanas Oleh Bakteri Indigen, maka peneliti melakukan Implementasi hasil penelitian kedalam LKS, yang mana dapat bermanfaat sebagai sumber belajar biologi SMA kelas X IPA pada materi pokok Peranan Bakteri dalam Kehidupan. Peneliti telah menguji cobakan lks yang dibuat tersebut dalam proses pembelajaran di kelas.

Selama proses pembelajaran berlangsung siswa terlihat begitu antusias dan bersemangat dalam mengikuti proses pembelajaran, hal ini kemungkinan disebabkan karena selama ini, guru yang mengajar di kelas tersebut jarang sekali melakukan kegiatan praktikum di laboratorium, sehingga siswa termotivasi dan terpicu rasa ingin tahunya. Terlebih lagi berkaitan dengan materi pokok Peran bakteri dalam kehidupan, berdasarkan kegiatan penelitian Bioremediasi Bahan Organik Dalam Limbah Cair Nanas, merupakan hal yang baru bagi siswa, selama ini siswa hanya mempelajarinya dengan cara studi pustaka. Melalui kegiatan praktikum di laboratorium siswa lebih termotivasi dalam mengikuti proses pembelajaran.

Dari hasil observasi Keterampilan Proses Sains, siswa memperoleh nilai sesuai Permen dikbud No 81 A Tahun 2013 sebagai berikut: 21 siswa memperoleh nilai dengan predikat sangat baik, 15 siswa memperoleh nilai dengan predikat baik, tidak ada satupun siswa yang memperoleh nilai dengan predikat cukup ataupun kurang.

Selain itu dari hasil penilaian sikap (afektif) siswa juga menunjukkan hasil yang cukup memuaskan, dimana dari 36 siswa, 20 siswa memperoleh nilai dengan predikat sangat baik, 16 siswa memperoleh nilai dengan predikat baik, tidak ada satupun siswa yang memperoleh nilai dengan predikat cukup ataupun kurang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut : 1) Hasil pengujian Indek hidrolisis diperoleh 11 kandiad isolat bakteri degan karakter pendegradasi, terdiri dari 5 kandidat isolat yang memiliki kemampuan menghidrolisis protein, 3 kandidat isolat memiliki kemampuan hidrolisis amilum dan 3 kandidat isolat yang memiliki kemampuan hidrolisis selulosa. 2) Terdapat perbedaan kemampuan isolat bakteri mendegradasi bahan organik Limbah Cair Nanas ditinjau dari parameter BOD dan TSS. 3) Spesies-spesies bakteri yang berasal dari limbah cair nanas yang paling berpotensi sebagai pengurai bahan organik adalah: *Bacillus subtilis* dan *Bacillus sphaericus*. 4) Kombinasi konsorsia bakteri indigen yang paling berpengaruh terhadap penguraian limbah organik nanas adalah: kombinasi konsorsia IK, yang keduanya merupakan spesies yang sama yaitu bakteri *Bacillus subtilis*. 5) Hasil penelitian Bioremediasi Bahan oraganik dalam Limbah Cair Nanas ini dapat dijadikan sumber belajar dalam bentuk LKS berbasis Keterampilan Proses sains, karena terbukti dari hasil Implementasi di kelas, siswa menunjukkan sikap yang antusias dan hasil yang cukup memuaskan dari segi psikomotorik dan afektifnya.

Sebagai sarannya adalah: 1) Kepada para guru biologi perlu memanfaatkan hasil penelitian Bioremediasi Bahan Organik dalam Limbah Cair Nanas Oleh Bakteri Indigen, dalam bentuk LKS berbasis Keterampilan Proses Sains. 2) Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai interaksi antar spesies bakteri dalam konsorsia terhadap keberhasilan proses bioremediasi. 3) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan spesifik bakteri indigen dalam menguraikan berbagai jenis bahan organik yang terdapat di dalam Limbah Cair Nanas. 4) Perlu dilakukan penelitian dalam skala yang lebih besar, dan pengujian kelayakan limbah yang sudah diremediasi untuk dimanfaatkan sebagai tempat budidaya perikanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Encarta. 2001. World English Dictionary (North American Edition) (On Line)(<http://dictionary.msn.com/find/entry.asp?refid=186199647>). Diakses 28 juni 2013
- EPA. 2000. Definition of Remediation; Technologies (on Line) <http://www.epa.reachit.org/infohelp/defiehtyp.html>. Diakses 28 Juni 2013
- Ibrahim Muslimin, dkk, 2004. *Sains (Materi Pelatihan Terintegrasi) buku 1*.Departemen Pendidikan Nasional, Direktorat Jendral Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat Pendidikan Lanjutan Pertama.
- <http://chachubbygirl.blogspot.com/2013/03/mekanismedekomposisi-bahan-organik.html>. diakses senin 6 mei 2014
- Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2007. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Pedoman penetapan Baku Mutu Lingkungan*. Nomor 5 Tahun 2007 tanggal 08 Mei 2007. Sekretaris Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (On Line). <http://www.mnlh.go.id>

diakses 25 Juni 2013.

- Kusnadi. dkk. 2003. *Common Text Book (Edisi Revisi) Mikrobiologi*. Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Maulana Dani. 2013. *Pendekatan Sainifik (Saintific Approach) Implementasi untuk Kurikulum 2013*. Penerbit Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan Provinsi Lampung
- Maulana Dani. 2014. *Penilaian Otentik (Authentic assessment)*. Penerbit Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan Provinsi Lampung.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No: Kep-51/MenLH/10/1995. Tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri*. <http://www.cets-iii.org/BML/Air/BMLC/kepmen5195/>. Diakses 25 Juni 2013.
- Mulyasa, H.E. 2013. *Pengembangan dan Implementasi kurikulum 2013*. Penerbit Rosda. Bandung.
- Purwati, S.& H. Hardiani. 1987. *Pemanfaatan aktifitas Mikroorganisme untuk Pengolahan Air Limbah Beracun Pada Industri Pulp*. Berita Selulosa 23(4) : 91-99.
- Rustaman, Nuryani. 2005. *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. Penerbit Universitas Negeri Malang (UM Press).
- Rustaman. et. al. 2003. *Strategi Belajar Mengejar Biologi*. Jurusan Pendidikan Biologi. FMIPA. UPI. IMSTEP.
- Saepudin, Endang. Setiasih Siswati. 2009. *Bioteknologi*. Handout Kuliah. Departemen Kimia FMIPA UI Jakarta (on line). <http://www.ui.ac.id>. Diakses tanggal 26 Juni 2013.
- Septianing, Resti.dkk. 2013. *Panduan Belajar Biologi SMA Kls x 1A*. Penerbit Yudhistira.
- Soedjono. 1991. *Sumber Pencemaran*. http://id.wikipedia.org/sumber_pencemar senin 6 mei 2014, pukul 16.15
- Sudrajat, Akhmad. 2008. *Konsep Sumber Belajar*. <http://akhmadsudrajat.wordpress.com/2008/04/15/sumber-belajar-untuk-mengefektifkan-pembelajaran-siswa>. Diakses 10 Juli 2014
- Suarsini, Endang. 2007. *Bioremediasi Limbah Cair Rumah Tangga Menggunakan Konsorsia Bakteri Indigen dalam Menunjang Pembelajaran Masyarakat*. Disertasi tidak diterbitkan. Malang: PPS Universitas Negeri Malang.

- Sugiono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Sutanto, Agus. 2009. *Isolasi Bakteri Indigenus Limbah Cair Nanas Berpotensi Bioremediasi. Jurnal Biologi dan Pembelajarannya (Bioedukasi) Volume VII No. 1 April 2009*.
- Sutanto, Agus. 2010. *Bioremediasi Limbah Cair Nanas*. Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang.
- Sutanto, Agus. 2010. *Bioremediasi Limbah Cair Nanas dengan konsorsia Bakteri Indigen dan pemanfaatannya untuk Penyusunan Buku Bioremediasi*. Disertasi. Universitas Negeri Malang.
- Suharto. Ign. 2010. *Limbah Kimia dalam Pencemaran Udara dan Air*. Penerbit Andi Yogyakarta.