

**ANALYSIS OF HOSPITAL WASTEWATER TREATMENT  
USING ANAEROBIC-AEROBIC BIOFILTER SYSTEM  
AND ANALYSIS OF POTENTIAL DESIGN  
STUDENT WORK SHEET ON THE SUBJECT OF BIOLOGI  
IN SMK PHARMACY IKASARI PEKANBARU**

**Rama Febriza Amethys<sup>1</sup>, Suwondo<sup>2</sup>, Wan Syafi'i<sup>3</sup>**

febbyamethys95@yahoo.co.id, phone: +6285265599463 wondo\_su@yahoo.co.id  
wansya\_ws@yahoo.com

Study Program of Biology Education  
Faculty of Teacher Training and Education  
University of Riau

***Abstract:** Do research to find out the quality of hospital wastewater treatment systems with anaerobic-aerobic biofilter for design student worksheet conducted in November 2015 to January 2016. This type of research is descriptive research with field survey methods. Many samples 2 samples with pick-up points at the inlet and outlet IPAL anaerobic-aerobic biofilter system at one hospital in Pekanbaru. The collection of data with a survey method, in which the waste water samples taken at the inlet and outlet IPAL anaerobic-aerobic biofilter system hospitals. Parameters measured include the following physical parameters include temperature, TSS, TDS. Chemical parameters include pH, COD, MBAs, BOD5, NH3 Total, Oils and Grease. Microbiological parameters Total coliform. Data were analyzed descriptively. Results showed treatment with a system biofilter anaerobic-aerobic produce effluent quality hospital safely discharged to the environment (meet environmental quality standards) and the results are used as a design student worksheet (LKS) on the biology subject Vocational High School (SMK ) Pharmacy Ikasari Pekanbaru.*

***Keywords:** Biofilter, Wastewater, Hospital, Student Work Sheet*

**ANALISIS PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT  
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM BIOFILTER ANAEROB-  
AEROB DAN ANALISIS POTENSI RANCANGAN LEMBAR  
KERJA SISWA PADA MATA PELAJARAN BIOLOGI  
DI SMK FARMASI IKASARI PEKANBARU**

**Rama Febriza Amethys<sup>1</sup>, Suwondo<sup>2</sup>, Wan Syafi'i<sup>3</sup>**

febbyamethys95@yahoo.co.id, phone: +6285265599463 wondo\_su@yahoo.com  
wansya\_ws@yahoo.com

Program Studi Pendidikan Biologi  
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Riau

**Abstrak:** Dilakukan penelitian untuk mengetahui kualitas limbah cair rumah sakit dengan pengolahan sistem biofilter anaerob-aerob untuk rancangan lembar kerja siswa yang dilakukan pada November 2015 hingga Januari 2016. Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan metode survei lapangan. Banyak sampel sebanyak 2 sampel dengan titik pengambilan pada *inlet* dan *outlet* IPAL sistem biofilter anaerob-aerob di salah satu rumah sakit di Pekanbaru. Pengumpulan data dengan metode survei, dimana sampel air limbah diambil pada *inlet* dan *outlet* IPAL sistem biofilter anaerob-aerob rumah sakit. Parameter yang diukur antara lain terdiri parameter fisika meliputi suhu, TSS, TDS. Parameter kimia meliputi pH, COD, MBAS, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>3</sub> Total, Minyak dan Lemak. Parameter mikrobiologi yaitu Total coliform. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan pengolahan dengan sistem biofilter anaerob-aerob menghasilkan kualitas limbah cair rumah sakit yang aman dibuang ke lingkungan (memenuhi standar baku mutu lingkungan) dan hasil penelitian yang digunakan sebagai rancangan lembar kerja siswa (LKS) untuk mata pelajaran biologi Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Farmasi Ikasari Pekanbaru.

**Kata Kunci:** Biofilter, Limbah Cair, Rumah Sakit, Lembar Kerja Siswa

## PENDAHULUAN

Rumah sakit dalam menjalankan fungsinya menghasilkan buangan berupa limbah baik padat, cair maupun gas. Salah satu buangan yang sangat potensial menurunkan kualitas lingkungan adalah limbah cair. Menurut Said (2008<sub>a</sub>) Limbah cair rumah sakit adalah seluruh buangan cair yang berasal dari hasil proses seluruh kegiatan rumah sakit yang meliputi: limbah domestik cair yakni buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian, limbah cair klinis yakni limbah cair yang berasal dari kegiatan klinis rumah sakit misalnya air bekas cucian luka, cucian darah, dan air limbah laboratorium.

Limbah cair yang langsung dibuang ke saluran buangan umum akan menimbulkan masalah kesehatan bila tidak melalui proses pengolahan untuk meminimalkan bahaya dari limbah cair. Oleh karena itu untuk mengurangi penurunan kualitas lingkungan yang diakibatkan dari limbah cair ini perlu adanya pengolahan, diantaranya menggunakan sistem instalasi pengolahan air limbah (IPAL) biofilter anaerob-aerob.

Biofilter anaerob-aerob ini merupakan salah satu pengolahan limbah cair secara biologis, proses kerjanya memanfaatkan kehidupan mikroorganisme untuk menguraikan polutan, reaktor yang dikembangkan dengan prinsip (*attached growth*) mikroba tumbuh dan berkembang pada suatu media filter dan membentuk lapisan biofilm (Metcalf & Eddy, 2004).

Pengolahan limbah menjadi salah satu konsep penting yang wajib dipelajari pada mata pelajaran biologi di SMK Farmasi Ikasari Pekanbaru. Dilihat dari bahan ajar yang digunakan pada kegiatan pembelajaran, konsep limbah pada bahan ajar hanya dijelaskan secara umum. Ketidaktersediaan lembar kerja siswa (LKS) mengenai limbah dan cara pengolahannya menjadi kendala penting dalam pembelajaran biologi, sehingga perlu perancangan lembar kerja siswa mengenai limbah dan cara pengolahannya. Berdasarkan kondisi ini maka perlu dilakukan tentang analisis pengolahan limbah cair rumah sakit dengan menggunakan sistem biofilter anaerob-aerob dan analisis potensi rancangan lembar kerja siswa pada mata pelajaran biologi di SMK Farmasi Ikasari Pekanbaru.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2015 hingga Februari 2016. Pengambilan sampel dilakukan di salah satu rumah sakit di Pekanbaru, sedangkan pengukuran sampel dilakukan di UPT Laboratorium Kesehatan dan Lingkungan Dinas Kesehatan Propinsi Riau. Penelitian ini adalah penelitian deskriptif yang terdiri dari 2 tahap yaitu tahap survei lapangan dan tahap rancangan lembar kerja siswa (LKS). Tahap survei lapangan dilakukan dengan penelitian survei. Survei lapangan dilaksanakan secara langsung pada salah satu rumah sakit di Pekanbaru untuk memperoleh data primer berupa kualitas limbah cair. Sampel limbah cair rumah sakit dalam penelitian ini adalah limbah cair *inlet* dan *outlet*.

Parameter penelitian meliputi parameter fisika diantaranya suhu, TSS, dan TDS. Parameter kimia diantaranya pH, COD, MBAS, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>3</sub> Total, Minyak dan Lemak. Parameter mikrobiologi meliputi total coliform. Analisis data penelitian secara deskriptif. Analisis data kualitas limbah cair rumah sakit dibandingkan dengan nilai baku mutu Permen LH RI No. 5 Tahun 2014 Lampiran XLIV.A tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan fasilitas pelayanan kesehatan.

Rancangan lembar kerja siswa (LKS) dilakukan berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh pada tahap pertama. Hasil penelitian tersebut disesuaikan dengan salah satu Kompetensi Dasar pada mata pelajaran biologi di sekolah menengah kejuruan (SMK) Farmasi Ikasari Pekanbaru. Rancangan LKS dilakukan dengan tahap analisis potensi dan desain (*design*) lembar kerja siswa.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kualitas limbah cair rumah sakit sebelum dan setelah pengolahan dengan menggunakan sistem biofilter anaerob-aerob disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Hasil Uji Laboratorium Limbah Cair Rumah Sakit dengan Menggunakan Sistem biofilter Anaerob-aerob

| No.                   | Parameter                            | Satuan     | Hasil Uji |        | Nilai Rujukan |
|-----------------------|--------------------------------------|------------|-----------|--------|---------------|
|                       |                                      |            | Inlet     | Outlet |               |
| <b>A Fisika</b>       |                                      |            |           |        |               |
| 1                     | Suhu                                 | °C         | 25        | 25     | ≤ 38          |
| 2                     | TSS ( <i>Total Suspended Solid</i> ) | mg/L       | 105       | 60     | ≤ 200         |
| 3                     | TDS ( <i>Total Dissolved Solid</i> ) | mg/L       | 204       | 238    | ≤ 2.000       |
| <b>B Kimia</b>        |                                      |            |           |        |               |
| 1                     | pH                                   | -          | 5,71      | 6,02   | 6-9           |
| 2                     | COD                                  | mg/L       | 606       | 36     | ≤ 80          |
| 3                     | MBAS                                 | mg/L       | 3,7830    | 0,6433 | ≤ 10          |
| 4                     | BOD <sub>5</sub>                     | mg/L       | 289       | 10     | ≤ 50          |
| 5                     | NH <sub>3</sub> Total                | mg/L       | 15,2      | 8      | ≤ 10          |
| 6                     | Minyak dan Lemak                     | mg/L       | 8,8       | 4,4    | ≤ 10          |
| <b>C Mikrobiologi</b> |                                      |            |           |        |               |
| 1                     | Total Coliform                       | MPN/100 ml | 28000     | 9400   | ≤ 5.000       |

Keterangan: Baku mutu berdasarkan Permen LH RI No. 5 Tahun 2014 Lampiran XLIV.A

Tabel 1. menunjukkan bahwa hasil uji suhu pada inlet dan outlet menunjukkan angka yang sama yaitu 25°C. Berdasarkan data yang diperoleh masih memenuhi syarat karena berada dibawah kadar maksimum limbah cair yang diperkenankan bagi kegiatan rumah sakit sesuai dengan Permen LH No. 5 Tahun 2014 Lampiran XLIV.A dimana kadar maksimum yang diperbolehkan adalah 38°C. Menurut Said (2006) hal ini menunjukkan mikroorganisme mesofilik mendominasi proses penguraian zat pencemar dalam bioreaktor. Suhu yang ideal antara 25°C -30 °C, temperatur yang tinggi akan merusak proses dengan mencegah aktivitas enzim dalam sel. Peningkatan temperatur dapat menyebabkan penurunan efisiensi pengolahan. FKM UNHAS (2012) menambahkan bahwa pada kondisi tersebut justru merupakan kondisi yang cukup ideal untuk pertumbuhan bakteri mesofil, dimana mikroorganisme mesofil akan tumbuh optimum pada suhu antara 25°C-37°C. Menurut Said (2001) temperatur mempengaruhi kecepatan pertumbuhan mikroorganisme pada reaktor. Proses akan berfungsi dengan baik pada dua kondisi temperatur, yaitu kondisi mesofilik 25°C-40°C dan kondisi

termofilik  $55^{\circ}\text{C}$ - $65^{\circ}\text{C}$ . Oleh karena itu pengoperasian di luar batas tersebut akan berjalan kurang baik karena aktivitas mikroorganismenya rendah.

Kandungan TSS (*Total Suspended Solid*) sebelum dilakukan pengolahan yaitu sebesar 105 mg/L dan setelah dilakukan pengolahan sebesar 60 mg/L. Kandungan TSS memenuhi standar baku mutu berdasarkan Permen LH RI No. 5 Tahun 2014 Lampiran XLIV.A dimana kadar maksimum yang diperbolehkan sebesar  $\leq 200$  mg/L dan terbilang masih aman. Rezaee (2005) menyatakan bahwa penurunan kadar TSS ini disebabkan oleh proses pengendapan, pada bak pengendapan pertama maupun terakhir. Penguraian bakteri anaerob maupun aerob memecahkan zat organik yang tersuspensi memberikan pengaruh terhadap penurunan kadar TSS. Semakin lama waktu kontak limbah dengan media maka semakin banyak padatan tersuspensi yang terjerap oleh lapisan biofilm. Menurut Mukono (2002) penurunan kadar TSS diduga akibat adanya proses pengendapan yang dilakukan pada saat pengambilan sampel dari sebelum ke sesudah pengolahan, waktu pengendapan yang baik pada bak sedimentasi minimum adalah selama 2 jam. Kemudian Sastrawijaya (2002) menyatakan padatan tersuspensi dapat berkurang melalui proses pengendapan yang baik pada proses pengolahan limbah cair.

Kandungan TDS (*Total Dissolved Solid*) sebelum dilakukan pengolahan yaitu sebesar 204 mg/L dan setelah pengolahan terjadi kenaikan menjadi 238 mg/L, bila dibandingkan dengan Permen LH RI No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan fasilitas pelayanan kesehatan yang telah ditetapkan sudah memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan.

pH adalah faktor kunci bagi pertumbuhan mikroorganisme. Pada limbah cair rumah sakit berikut menunjukkan nilai pH pada inlet sebesar 5,71 dan outlet sebesar 6,02. Berdasarkan Permen LH RI No. 5 Tahun 2014 Lampiran XLIV.A telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu sebesar 6-9 untuk parameter pH. Said (2001) menyatakan bahwa pH merupakan parameter yang besar pengaruhnya terhadap mekanisme proses anaerob terutama pada pertumbuhan bakteri. Kemudian Ali Arsyad, dkk (2014) menambahkan nilai pH yang terlalu tinggi ( $>9$ ) akan menghambat aktivitas mikroorganisme sedangkan nilai pH dibawah 6 akan mengakibatkan pertumbuhan jamur dan terjadi persaingan dengan bakteri dalam metabolisme materi organik. Menurut A.E Taufik Akbar dan Sudarmaji (2013) konsentrasi pH dalam sebuah perairan sangat penting untuk diketahui karena dalam sebuah perairan yang sehat diperlukan konsentrasi pH pada angka 6-8, agar dapat mendukung semua proses biologis khususnya dalam rangka proses pemurnian kembali sebuah perairan yang melibatkan unsur-unsur biologis, khususnya bakteri pengurai. Kemudian Sastrawijaya (2002) menambahkan semakin sedikit zat-zat organik diuraikan oleh mikroorganisme maka pH yang dihasilkan semakin basa dan jika semakin banyak zat-zat organik yang diuraikan maka semakin asam pH yang dihasilkan.

Kandungan COD sebelum dilakukan pengolahan yaitu sebesar 606 mg/L, dimana kadar ini masih berada diatas nilai baku mutu yang telah ditetapkan oleh Permen LH RI No. 4 Tahun 2014 Lampiran XLIV.A, yaitu  $\leq 80$  mg/L. Apabila kadar COD telah melebihi baku mutu dapat berpotensi menimbulkan pencemaran. Akibat yang ditimbulkan apabila kekuatan COD pada air limbah tinggi maka air akan kekurangan oksigen yang dibutuhkan oleh kehidupan dalam air. Setelah dilakukan pengolahan turun menjadi 36 mg/L. Menurut Rezaee (2005) Proses penurunan kadar COD berlangsung sejak limbah cair berada dalam bak pengendap, yaitu adanya pengendapan partikel-partikel zat organik tersuspensi. Dengan mengendapnya sebagai

zat organik, menyebabkan kebutuhan oksigen untuk oksidasi secara kimiawi berkurang. Kristaufan (2010) menambahkan bahwa pengolahan anaerob dapat menurunkan kadar COD disebabkan semakin banyak waktu bakteri untuk mengoksidasi zat organik yang sulit terurai secara kimiawi. Semakin lama waktu tinggal berarti arus aliran akan semakin lamban, sehingga memungkinkan proses terjerapnya zat organik akan semakin besar, penurunan kadar COD semakin besar pula. Kemudian Said (1999) menambahkan bahwa di dalam bak kontak aerob dengan bantuan aerasi atau hembusan udara maka mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada di dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Menurut Ginting (2008) Secara keseluruhan kemampuan multi kompartemen biofilter anaerob-aerob dalam menurunkan kadar COD mencapai 90%.

Kandungan MBAS sebelum dilakukan pengolahan sebesar 3,7830 mg/L dan setelah dilakukan pengolahan menjadi sebesar 0,6433 mg/L, angka tersebut masih memenuhi standar baku mutu karena kadarnya berada dibawah kadar maksimum limbah cair yang diperkenankan bagi kegiatan rumah sakit sesuai dengan Permen LH RI No. 5 Tahun 2014 Lampiran XLIV.A dimana kadar maksimum yang diperbolehkan adalah  $\leq 10$  mg/L. Said (2001) menyatakan bahwa deterjen yang masuk ke setiap tingkat pengolahan akan mengalami proses penguraian. Hal ini membuktikan bahwa deterjen walaupun termasuk ke dalam golongan bahan organik yang sulit terurai (*refactory organic*) ternyata dapat terurai. Proses penguraian deterjen dapat terjadi secara mikrobiologis, terflotasi, dan terendapkan. Proses penguraian deterjen tersebut dipengaruhi oleh beberapa mikroorganisme yang memegang peranan penting. Benefield, dkk (1980) menambahkan mikroorganisme pengurai deterjen dapat dikelompokkan atas 11 genus bakteri diantaranya adalah *Acetobacter*, *Bacillus*, *Chromobacterium*, *Corynebacterium*, *Eschericia*, *Flavobacterium*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Streptococcus*, dan *Vibrio*.

Kadar BOD<sub>5</sub> sebelum dilakukan pengolahan yaitu sebesar 289 mg/L, berarti kadar BOD pada limbah cair rumah sakit melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Kadar BOD<sub>5</sub> yang tinggi bisa dijadikan indikasi tingginya kadar zat organik pada limbah cair tersebut. Tingginya kadar BOD disebabkan karena hampir semua limbah cair rumah sakit menghasilkan unsur-unsur organik (lemak, protein, karbohidrat), urin dan dari kegiatan medis. Dengan tingginya bahan organik tersebut maka akan banyak juga oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikannya. Setelah dilakukan pengolahan dengan biofilter anaerob-aerob mengalami penurunan yaitu sebesar 10 mg/L. Menurut Said (2008<sub>b</sub>) Proses penurunan kadar BOD sudah dimulai pada bak pengendap, yaitu adanya pengendapan partikel-partikel zat tersuspensi. Sebagian dari zat yang tersuspensi dari bahan organik yang mudah terurai, dengan terjadinya pengendapan maka kadar BOD juga akan turun, selain itu selama waktu tinggal padatan tersuspensi organik juga terurai oleh bakteri yang tumbuh secara terdispersi sehingga kadar organik menurun. Menurut Ginting (2007) bahwa proses anaerob mampu menurunkan BOD sekitar 10-40%. Hal ini dapat terjadi karena proses biologi berlangsung dengan kondisi yang kondusif dimana pH air limbah pada tahapan pengolahan ini rata-rata suhu 25<sup>0</sup>C. Selama berada pada kondisi anaerob, senyawa phosphor anorganik yang ada dalam sel-sel mikroorganisme akan keluar sebagai akibat hidrolisa senyawa phosphor. Sedangkan energi yang dihasilkan digunakan untuk menyerap BOD (senyawa organik) yang ada di dalam air limbah. Proses selanjutnya adalah pengolahan aerob, Metcalf & Eddy (1991) menyebutkan bahwa pada bak aerob terjadi penurunan lebih besar dari penurunan proses anaerob yaitu hampir 70%, hal ini disebabkan oleh oksidasi bakteri aerob lebih

cepat dari anaerob melalui aerator menghasilkan gelembung udara yang menyebabkan terjadinya flotasi zat organik yang tersuspensi sehingga membantu terjadinya penurunan kadar BOD. Menurut Said (2006) keunggulan proses pengolahan air limbah dengan biofilter anarob-aerob mampu menurunkan beban BOD yang cukup tinggi.

$\text{NH}_3$  total sebelum dilakukan pengolahan yaitu sebesar 15,2 mg/L dan setelah dilakukan pengolahan yaitu 8 mg/L. Berdasarkan Permen LH RI No. 4 Tahun 2014 Lampiran XLIV.A tentang baku mutu air limbah bagi kegiatan fasilitas pelayanan kesehatan, bahwa batas minimum untuk  $\text{NH}_3$  total adalah  $\leq 10$  mg/L. Pada kondisi aerob terjadi proses nitrifikasi proses nitrifikasi yang terjadi ini adalah suatu proses pengubahan dari  $\text{NH}_4^+$  menjadi  $\text{NO}_2^-$  yang kemudian menjadi  $\text{NO}_3^-$  yang dilakukan oleh bakteri autotropik dan heterotropik. Pengubahan  $\text{NH}_4^+$  menjadi  $\text{NO}_2^-$  dilakukan oleh bakteri *nitrosomonas* dan selanjutnya  $\text{NO}_2^-$  yang terbentuk diubah menjadi  $\text{NO}_3^-$  oleh bakteri *nitrobacter*. Kedua jenis bakteri di atas hidup dalam keadaan aerob sehingga memerlukan konsentrasi oksigen yang cukup untuk sumber energi dalam menunjang proses metabolisme, dan juga proses nitrifikasi merupakan suatu proses aerob sehingga keberadaan oksigen sangat penting dalam proses ini.

Kandungan minyak dan lemak turun dari 8,8 mg/L menjadi 4,4 mg/L bila dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 5 Tahun 2014 Lampiran XLIV.A tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan fasilitas pelayanan kesehatan, maka kualitas minyak dan lemak telah memenuhi syarat yang ditetapkan.

Kadar total coliform sebelum pengolahan adalah sebesar 28.000 MPN/100 ml dan setelah dilakukan pengolahan adalah sebesar 9.400 MPN/100 ml. Hal ini menunjukkan bahwa untuk parameter total coliform masih diatas standar baku mutu yang telah ditetapkan pada Permen LH RI No. 4 Tahun 2014 Lampiran XLIV.A adalah  $\leq 5.000$  MPN/100 ml. Menurut A.E Taufik Akbar dan Sudarmaji (2013) penyebab tingginya kandungan total coliform pada air limbah adalah masih kurang efektifnya tablet chlor yang digunakan sebagai desinfektan, selain itu juga kurangnya kadar sisa chlor bebas juga dapat mempengaruhi kandungan total coliform pada air limbah. Oleh sebab itu sebaiknya dilakukan pengukuran kadar sisa chlor secara rutin.

Berdasarkan hasil penelitian Analisis pengolahan limbah cair rumah sakit dengan menggunakan sistem biofilter anaerob-aerob maka selanjutnya akan dilakukan analisis potensi rancangan lembar kerja siswa pada mata pelajaran biologi di SMK Farmasi Ikasari Pekanbaru. Rancangan LKS dilakukan dengan menggunakan tahap Analisis potensi dan Desain (*Design*) Lembar Kerja Siswa.

Pada tahapan analisis potensi ini, kegiatan utama adalah menganalisis kurikulum, standar kompetensi, kompetensi dasar dan materi pembelajaran yang dibutuhkan oleh peserta didik. Berdasarkan analisis potensi tersebut, SK/KD yang dapat dilakukan perancangan bahan ajar dalam penelitian ini antara lain pada kelas X meliputi SK 5: mengidentifikasi mikroorganisme dan peranannya. KD 5.2 mengidentifikasi bakteri serta peranannya dalam kehidupan. Adapun uraian materi yaitu mengenai bakteri, dengan indikator mengidentifikasi bakteri berdasarkan struktur tubuh, cara hidup dan reproduksinya serta peranan bakteri dalam kehidupan.

Potensi pengembangan mengenai bakteri ini adalah modul. Menurut Depdiknas (2008), modul merupakan salah satu bentuk bahan ajar cetak yang merupakan seperangkat bahan ajar yang disajikan secara sistematis sehingga penggunaannya dapat belajar dengan atau tanpa seorang fasilitator. Menurut Prastowo (2012), modul termasuk dalam kelompok sumber belajar yang menggunakan bahasa verbal yang

tertulis sebagai media utama komunikasi. Melalui modul peserta belajar mampu membelajarkan diri sendiri, tidak tergantung kepada orang lain. Seluruh materi pembelajaran dari satu unit kompetensi sampai sub kompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu modul secara penuh.

Tujuan penggunaan modul adalah untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran di sekolah, meliputi waktu, dana, fasilitas, maupun tenaga guna mencapai tujuan secara optimal. Pembelajaran dengan sistem modul dapat membantu peserta didik mencapai tujuan pembelajaran yang lebih efektif dan efisien. Keunggulan pembelajaran dengan menggunakan media modul antara lain yaitu berfokus pada kemampuan individual peserta didik dan adanya kontrol terhadap hasil belajar peserta didik. Sumber belajar dalam bentuk modul yang dikemas menarik dapat melatih keterampilan menginterpretasi data. Modul dapat memberikan gambaran jelas pengetahuan yang susah untuk dipahami dan memberikan keterangan untuk keterampilan yang sudah ditentukan.

Kelas XI meliputi SK 7: mengolah limbah tumbuhan dan hewan. KD 7.1: mengidentifikasi macam-macam limbah. Adapun uraian materi yaitu mengenai limbah, dengan indikator pengertian limbah dan hubungannya dengan baku mutu lingkungan hidup, mengidentifikasi dan mengelompokkan macam-macam limbah menggunakan beberapa dasar pengelompokkan, dan menjelaskan cara pengolahan berbagai macam limbah (cair, padat, gas dan B3). Potensi pengembangan mengenai limbah ini adalah LKS.

SK 8: mendeskripsikan komponen ekosistem serta peranan manusia dalam menjaga keseimbangan. KD 8.2 mengidentifikasi jenis polusi dan limbah pada lingkungan kerja. Adapun uraian materi yaitu mengenai polusi dan sumber polusi, dengan indikator mengidentifikasi jenis polutan yang ada di lingkungan kerja, dan mengidentifikasi sumber-sumber polusi di lingkungan kerja. Potensi pengembangan mengenai polusi dan sumber polusi ini adalah LKS.

Berdasarkan tahap analisis potensi yang dilakukan, maka yang paling tepat dari hasil penelitian untuk rancangan sumber belajar pada proses pembelajaran biologi di SMK Farmasi Ikasari Pekanbaru adalah di kelas XI pada SK 7 tentang mengolah limbah tumbuhan dan hewan. KD 7.1 mengenai mengidentifikasi macam-macam limbah, dengan uraian materi tentang limbah dan potensi pengembangan yang tepat berupa lembar kerja siswa (LKS).

Menurut Depdiknas (2008) Lembar kegiatan siswa (student worksheet) adalah lembaran-lembaran berisi tugas yang harus dikerjakan oleh peserta didik. Tugas-tugas yang diberikan kepada peserta didik dapat berupa teoritis dan atau tugas-tugas praktis. Tugas teoritis misalnya tugas membaca sebuah artikel tertentu, kemudian membuat resume untuk dipresentasikan. Sedangkan tugas praktis dapat berupa kerja laboratorium atau kerja lapangan, misalnya survey tentang harga cabe dalam kurun waktu tertentu di suatu tempat.

Perancangan LKS disesuaikan dengan Standar Kompetensi (SK) dan Kompetensi Dasar (KD) pada subtopik ini berdasarkan dari analisis potensi tersebut yang paling tepat dengan hasil penelitian maka diperoleh spesifikasi indikator pencapaian yang digunakan untuk merancang LKS pada materi limbah. Berdasarkan analisis terhadap Kompetensi Dasar (KD) yang sesuai dengan data hasil penelitian sehingga dapat dijadikan sebagai bahan, data dan informasi dalam membuat Lembar Kerja Siswa (LKS).

Tahap selanjutnya adalah tahap desain. Pada tahap ini dilakukan perancangan perangkat pembelajaran dari tahap analisis potensi yang meliputi silabus, RPP dan instrumen penilaian. LKS pengolahan limbah ini akan digunakan pada pertemuan kedua dengan alokasi waktu 2x45 menit (perangkat pembelajaran selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5). Model pembelajaran yang digunakan untuk menggunakan model ini adalah model *discovery learning*. Penggunaan model *discovery learning* ini bertujuan agar peserta didik dapat meningkatkan pemahaman konsep mengenai cara pengolahan limbah dan mengembangkan sikap ilmiah peserta didik. Menurut Depdiknas (2005), *discovery learning* merupakan suatu model pembelajaran yang dikembangkan oleh J. Bruner berdasarkan pada pandangan kognitif tentang pembelajaran dan prinsip-prinsip konstruktivis. Slavin (1994) menyatakan bahwa peserta didik belajar melalui keterlibatan aktif dengan konsep-konsep dan prinsip-prinsip, dan guru mendorong siswa untuk mendapatkan pengalaman dengan melakukan kegiatan yang memungkinkan mereka menemukan konsep dan prinsip-prinsip untuk diri mereka sendiri.

## **SIMPULAN DAN REKOMENDASI**

Dari hasil analisa data dapat disimpulkan bahwa pengolahan dengan sistem biofilter anaerob-aerob menghasilkan kualitas limbah cair rumah sakit yang aman dibuang ke lingkungan (memenuhi standar baku mutu lingkungan). Hasil penelitian digunakan sebagai rancangan lembar kerja siswa (LKS) untuk mata pelajaran biologi sekolah menengah kejuruan (SMK) Farmasi Ikasari Pekanbaru. Disarankan untuk melakukan pengukuran kadar sisa chlor secara rutin pada sistem biofilter anaerob-aerob agar diperoleh total coliform dibawah standar baku mutu. Rancangan lembar kerja siswa (LKS) dari hasil penelitian dapat dikembangkan sebagai bahan ajar dalam mendukung proses pembelajaran pada mata pelajaran biologi sekolah menengah kejuruan (SMK) Farmasi Ikasari Pekanbaru.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- A. E. Taufik A, Sudarmaji. 2013. Efektifitas Sistem Pengolahan Limbah Cair dan Keluhan Kesehatan pada Petugas IPAL di RSUD DR. M SOEWANDHI Surabaya. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Ali Arsad, Makmur S, Ruslan. 2014. Studi Kualitas Limbah Cair di Rumah Sakit Umum Daerah Tulehu Propinsi Maluku. Jurnal Teknik Lingkungan. Ambon.
- Benefield, Larry D and Randall, Cliifford. W. 1980. *Biological Processes Design For Wastewater Treatment*. New York: Prentice Hall.
- Departemen Pendidikan Nasional. 2005. Landasan Teori dalam Pengembangan Metode Pengajaran. Materi Pelatihan Terintegrasi Ilmu Pengetahuan Alam. Depdiknas Dirjen Pendasmen Direktorat Pendidikan. Lanjutan Pertama. Jakarta.

- \_\_\_\_\_. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas. Jakarta.
- FKM UNHAS. 2012. Studi Kemampuan Tanaman Jerangau (*Acorus calamus*) dalam Menurunkan Amoniak (NH<sub>3</sub>) dalam Air Limbah Rumah Sakit. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* ISSN 1829-6890, Vol 4 No 2/Februari-Agustus 2012, hal 28-36.
- Ginting Perdana. 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Bandung: CV. Yrama Widya.
- \_\_\_\_\_. 2008. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
- Kristaufan. 2010. Pengolahan Air Limbah Industri Kertas Karton dengan Up-flow Anaerob Sludge Blanket (UASB) dan Lumpur Aktif. *Journal of Agricultur & Biology*.
- Metcalf & Eddy. 1991, *Wastewater Engineering*, Third Edition, McGraw-hill Inc. New York.
- \_\_\_\_\_. 2004. *Wastewater. Engineering Teartment kand Reuse*, Fourth Edition, McGraw-hill Inc. New York.
- Mukono, H. J. 2002. *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Airlangga University Press. Surabaya.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Fasilitas Pelayanan Kesehatan.
- Prastowo, A. 2012. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. DIVA Press. Jogjakarta.
- Rezaee. 2005. Hospital Wastewater Treatment Using an Integreted Aerob Aerob Fixed Film Bioreaktor. *Journal of Environmental Science*.
- Said Nusa Idaman, Heru Dwi Wahjono. 1999. *Teknnologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob*. Kelompok Pengolahan Air Bersih dan Limbah Cair Direktorat Teknologi Lingkungan Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material, dan Lingkungan. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.

Said Nusa Idaman. 2001. Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Proses Biologis Biakan Melekat Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 2(3): 223-240.

\_\_\_\_\_. 2006. Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit. Kelompok Teknologi Pengolahan Air Bersih dan Air limbah, Pusat Pengkajian dan Penerapan Lingkungan, BPPT. Jakarta.

\_\_\_\_\_. 2008<sub>a</sub>. *Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta. Tinjauan permasalahan, Strategi dan Teknologi Pengolahan*. Penerbit Pusat Teknologi Lingkungan Deputi Bidang Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam. Badan pengkaji dan Penerapan Teknologi. Jakarta.

\_\_\_\_\_. 2008<sub>b</sub>. *Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Jakarta.

Sastrawijaya. 2002. *Pencemaran Lingkungan*. PT Rineka Cipta. Jakarta.

Slavin, E. 1994. *Educational Psycology: Theory and Practice*. Massachusettes: Allyn and Bacon Publishers.