

DEGRADASI LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT DENGAN PENAMBAHAN BAKTERI RIZOSFIR *Actinomycetes* DAN TANAMAN *Typha angustifolia* DENGAN MODEL *CONSTRUCTED TREATMENT WETLAND (CTW)*

Suwondo, Sri Wulandari dan Syaiful Anshar
Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan PMIPA FKIP
Universitas Riau Pekanbaru 28293

ABSTRACT

Conducted a research to find the effectiveness of rhizosphere *Actinomycetes* bacteria and *Typha angustifolia* plant addition to degrade palm oil liquid waste. Research design using Constructed Treatment Wetlands models (CTW). The Parameters measured is the content of Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD), Total Suspended Solid (TSS), the detention time, pH and temperature. The results of this research showed that the *Actinomycetes* is a potential microbe in degrading liquid waste. The use of Constructed Treatment Wetland (CTW) model is effective in degrading palm oil liquid waste with average content become 432 mg/L for COD, 10 mg/L for BOD and 40 mg/L for TSS before it throws away to the environment. The longer the detention time the content of COD and BOD will be reduced to 252 mg/L for COD and 23 mg/L for BOD.

Keywords: *Palm Oil liquid waste, Actinomycetes, Typha angustifolia, COD, BOD, TSS, CTW*

PENDAHULUAN

Tingginya beban limbah yang dihasilkan khususnya limbah kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dapat menimbulkan berbagai permasalahan bagi lingkungan dan masyarakat.

Teknik fitoremediasi sering digunakan dalam pengolahan limbah yaitu dengan memanfaatkan tanaman (*fito*) untuk pemurnian kadar pencemaran pada suatu limbah. Salah satu tanaman yang bisa digunakan adalah *Typha angustifolia*, tanaman ini mempunyai daya tahan yang cukup kuat dan tidak mudah mati (Euis Nurul Hidayah dan Wahyu Aditya, 2011).

Akar *Typha angustifolia* dapat bersimbiosis dengan bakteri rhizosfir dalam menurunkan tingkat pencemaran dengan cara mendegradasi senyawa kimia tersebut (Munir, 2006). Diantara bakteri rhizosfir yang ditemukan adalah bakteri *Actinomycetes*.

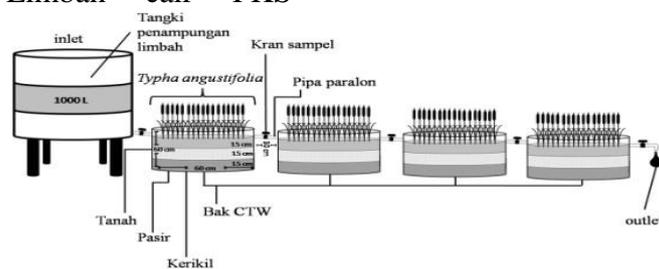
Model *Constructed Treatment Wetlands (CTW)* memanfaatkan aktivitas mikroorganisme yang terdapat di dalam tanah dan tanaman untuk mengolah air limbah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penambahan bakteri rhizosfir *Actinomycetes* dan tanaman *Typha angustifolia* menggunakan model CTW dalam mendegradasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (PKS) serta mengetahui waktu detensi optimal (waktu detensi) yang dibutuhkan oleh bakteri *Actinomycetes* dalam sistem pengolahan air limbah PKS.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Riau pada bulan Februari-Maret 2014. Metode yang digunakan yakni metode eksperimen yang dirancang dengan

menggunakan model *Constructed Treatment Wetland* (CTW) tipe *Free Water Surface* (FWS) (Kayombo *et al.*, Kadlec and Wallace dalam Wallace, 2013). CTW tipe FWS ini merupakan golongan lahan basah horizontal yang airnya mengalir di atas permukaan tanah dari *inlet* hingga *outlet*. Perangkat penelitian terdiri dari 4 bak yang dihubungkan dengan pipa paralon secara seri. Kemudian limbah cair PKS dialirkan pada setiap bak yang berisi tanaman *T. angustifolia*, dengan urutan berikut: (A) Limbah cair PKS



Gambar 1. Desain Pilot Constructed Treatment Wetland di Lapangan (modifikasi Hammer, 1989)

Bakteri *Actinomycetes* yang digunakan telah diuji pada skala laboratorium untuk mengetahui jenis yang potensial dalam mendegradasi limbah kemudian ditambahkan pada tanaman *Typha angustifolia* di salah satu rangkaian seri CTW dan rangkaian lain tidak ditambahkan bakteri. Pengukuran dilakukan terhadap variabel waktu detensi setelah 5 hari proses adaptasi tanaman dengan limbah yaitu 6 hari, 9 hari dan 12 hari pengamatan.

Sampel yang digunakan adalah air limbah hasil pengolahan kelapa

melewati bak 1, (B) limbah cair PKS melewati bak 2, (C) limbah cair melewati bak 3 dan (D) limbah cair PKS melewati bak 4.

Model CTW tipe FWS yang digunakan dirancang dalam 2 (dua) rangkaian bak percobaan, pada masing-masing rangkaian terdiri dari empat buah bak yang saling terhubung dengan pipa dan disusun sedemikian rupa dari bak tertinggi ke bak paling rendah secara berurutan seperti yang terlihat pada Gambar 1 berikut.

sawit pada kolam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) kolam ke-3. Parameter dalam penelitian ini meliputi kandungan *Total Suspended Solid* (TSS), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), waktu detensi, pH dan suhu. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kandungan COD pada limbah cair pabrik kelapa sawit setelah pendedahan selama 12 hari dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan COD pada limbah cair kelapa sawit setelah penambahan bakteri *Actinomycetes* dengan model *Constructed Treatment Wetland* (CTW)

| No. | Bak CTW | Kondisi Awal (mg/L) | Setelah Perlakuan (mg/L) | | | | | |
|-----------|---------|---------------------|--------------------------|------|-----------|-----|------------|-----|
| | | | Hari ke-6 | | Hari ke-9 | | Hari ke-12 | |
| | | | I | II | I | II | I | II |
| 1 | A | 8640 | 1152 | 1152 | 1152 | 864 | 864 | 864 |
| 2 | B | | 1152 | 864 | 864 | 576 | 576 | 288 |
| 3 | C | | 1152 | 864 | 864 | 576 | 576 | 288 |
| 4 | D | | 864 | 576 | 576 | 576 | 288 | 288 |
| Rata-rata | | | 1080 | 864 | 864 | 648 | 576 | 432 |

Keterangan:

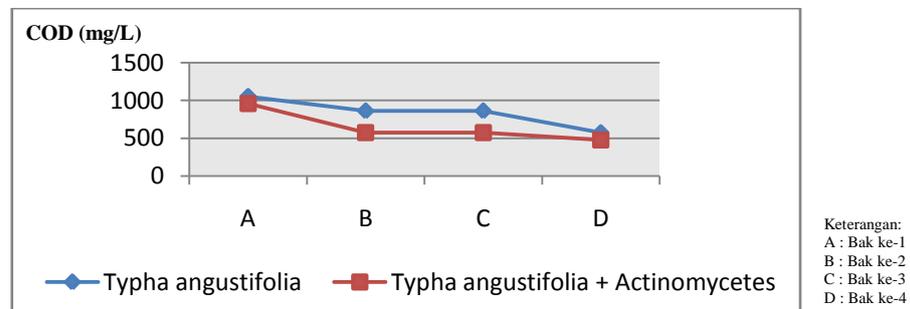
- A : Bak ke-1
 B : Bak ke-2
 C : Bak ke-3
 D : Bak ke-4
- I : CTW dengan tanaman *Typha angustifolia*
 II : CTW dengan tanaman *Typha angustifolia* + *Actinomycetes*

Pada bak CTW I, tanaman *Typha angustifolia* berperan sebagai fitoremediator yang dapat hidup pada kondisi lingkungan yang tercemar. Tanaman *Typha angustifolia* menyerap unsur hara tersebut serta material organik lainnya yang ada pada limbah kelapa sawit. Supradata (2005) mengungkapkan bahwa tanaman air mampu menyerap polutan organik maupun anorganik dengan cepat menggunakan sistem pengolahan lahan basah CTW.

Bakteri *Actinomyces* yang ditambahkan kedalam bak CTW II

mengolah limbah secara biologis dan dapat mempercepat proses degradasi limbah kelapa sawit. *Actinomyces* berperan sebagai bioremediator yang memanfaatkan senyawa-senyawa organik pada limbah kelapa sawit sebagai sumber nutrisi untuk hidup dan memperbanyak diri.

Untuk melihat rata-rata penurunan COD dengan penambahan *Actinomyces* jenis II setelah 12 hari pendedahan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penurunan kandungan COD pada masing-masing bak CTW setelah penambahan *Actinomyces* selama 12 hari pendedahan

Meningkatnya populasi bakteri rizosfir akan semakin mempercepat proses degradasi limbah. Bakteri rizosfir bersimbiosis dengan tanaman *Typha angustifolia* dalam menurunkan material pencemar yang terkandung pada limbah. Menurut Bloemberg *et al.* (dalam Abdul Munif dan Awaludin Hipi, 2011), bakteri rizosfir mampu mengikat nitrogen dan material pencemar serta melarutkan fosfat

sebelum diserap oleh tanaman. Material organik yang telah diserap akar tanaman akan diolah dalam proses metabolisme dan fotosintesis yang kemudian akan dilepaskan dalam bentuk gas melalui stomata daun.

Kebutuhan mikroba akan oksigen dalam menguraikan material pencemar pada limbah cair kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan BOD pada limbah cair kelapa sawit setelah penambahan bakteri *Actinomyces* dengan model *Constructed Treatment Wetland* (CTW)

| No. | Bak CTW | Kondisi Awal (mg/L) | Setelah Perlakuan (mg/L) | | | | | |
|-----------|---------|---------------------|--------------------------|----|-----------|----|------------|----|
| | | | Hari ke-6 | | Hari ke-9 | | Hari ke-12 | |
| | | | I | II | I | II | I | II |
| 1 | A | 400 | 48 | 40 | 20 | 20 | 20 | 16 |
| 2 | B | | 48 | 36 | 20 | 16 | 16 | 12 |
| 3 | C | | 40 | 36 | 16 | 16 | 12 | 8 |
| 4 | D | | 32 | 32 | 12 | 8 | 8 | 4 |
| Rata-rata | | | 42 | 36 | 17 | 15 | 14 | 10 |

Keterangan:

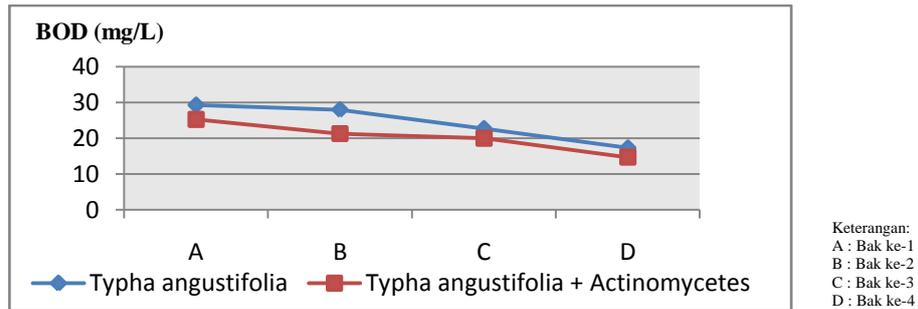
A : Bak ke-1
 B : Bak ke-2
 C : Bak ke-3
 D : Bak ke-4

I : CTW dengan tanaman *Typha angustifolia*
 II : CTW dengan tanaman *Typha angustifolia* + *Actinomyces*

Oksigen yang digunakan bakteri untuk mendegradasi limbah mengalami penurunan setelah dialirkan dalam rangkaian CTW, hal tersebut memperlihatkan adanya efisiensi yang lebih baik melalui penambahan isolat bakteri terhadap proses pengolahan limbah cair terutama degradasi bahan-bahan organik.

Semakin kecil kandungan BOD menunjukkan jumlah bahan organik dalam limbah sedikit, sebab oksigen yang dibutuhkan juga semakin sedikit (Paramita *dkk.*, 2012).

Untuk dapat mengetahui rata-rata penurunan BOD dari hari ke-6 hingga hari ke-12 pada masing-masing bak CTW dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Penurunan kandungan BOD pada masing-masing bak CTW setelah penambahan *Actinomyces* jenis II selama 12 hari pendedahan

Bakteri aerob mengkonsumsi oksigen sehingga jumlah bakteri akan bertambah dan proses degradasi akan semakin cepat (KEPMENLH, 1995). Semakin lama kandungan oksigen yang tersedia akan menurun, sehingga

populasi bakteri juga akan berkurang akibat kekurangan oksigen.

Perhitungan kandungan TSS limbah cair kelapa sawit pada bak CTW setelah perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan TSS pada limbah cair kelapa sawit setelah penambahan bakteri *Actinomyces* dengan model *Constructed Treatment Wetland* (CTW)

| No. | Bak CTW | TSS (mg/L) | |
|-----|---------|------------|------|
| | | I | II |
| 1. | A | 25630 | 2310 |
| 2. | B | 380 | 320 |
| 3. | C | 150 | 200 |
| 4. | D | 70 | 40 |

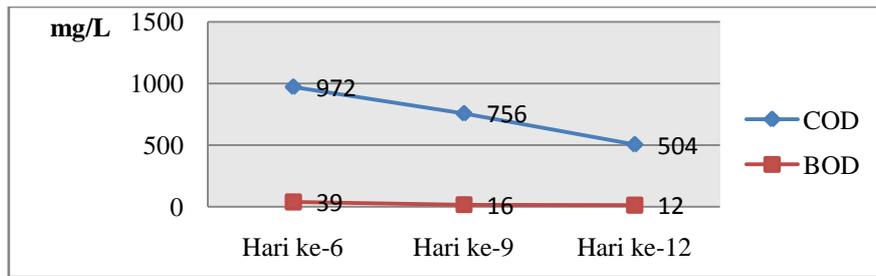
Keterangan:

- A : Bak ke-1 I : CTW dengan tanaman *Typha angustifolia*
- B : Bak ke-2 II : CTW dengan tanaman *Typha angustifolia + Actinomyces*
- C : Bak ke-3
- D : Bak ke-4

Penurunan nilai kandungan TSS disebabkan pada partikel terlarut yang melalui fase metagenik sehingga partikel yang terlarut akan dikonversikan dalam bentuk gas (Milasari *dalam* Andarini Ayu Retnosari *dan* Maya Shovitri, 2013).

Berdasarkan hasil penelitian, penurunan kandungan zat pencemar

(COD) dan jumlah oksigen yang digunakan mikroba (BOD) akan menurun seiring dengan lamanya waktu pendedahan. Rata-rata penurunan COD dan BOD terhadap waktu detensi pada model CTW seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Kandungan COD dan BOD terhadap waktu detensi pada bak CTW

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kandungan COD dan BOD akan semakin berkurang jika waktu detensi semakin lama. Hal ini sejalan dengan pernyataan Evasari (2012) yang mengungkapkan bahwa semakin lama waktu detensi yang dibutuhkan bakteri maka reduksi COD dan BOD akan semakin baik pula.

Menurut Tangahu dan Warmadewanthi (2001) waktu detensi berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri untuk mendegradasi limbah. Hasil pengukuran pH dan suhu pada rangkaian CTW dengan penambahan bakteri *Actinomyces* dan tanaman *Typha angustifolia* setelah 12 hari pendedahan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai pH dan Suhu pada limbah cair kelapa sawit setelah penambahan bakteri *Actinomyces* jenis II dengan model *Constructed Treatment Wetland* (CTW)

| No. | Bak CTW | Derajat Keasaman (pH) | | Suhu (°C) | |
|-----|---------|-----------------------|----|-----------|----|
| | | I | II | I | II |
| 1 | A | 9 | 9 | 34 | 32 |
| 2 | B | 8 | 8 | 34 | 33 |
| 3 | C | 8 | 8 | 34 | 34 |
| 4 | D | 8 | 8 | 35 | 34 |

Keterangan:

- A : Bak ke-1
- B : Bak ke-2
- C : Bak ke-3
- D : Bak ke-4
- I : CTW dengan tanaman *Typha angustifolia*
- II : CTW dengan tanaman *Typha angustifolia* + *Actinomyces*

Berdasarkan Tabel 5. terlihat bahwa pH yang terdapat pada rangkaian bak CTW memiliki nilai yang sama baik bak kontrol maupun bak perlakuan yakni 8-9, ini berarti kondisi tersebut cocok untuk pertumbuhan bakteri *Actinomyces*. Menurut Mahajoeno dkk. (2012) derajat keasaman yang cocok untuk pertumbuhan mikroba adalah pada rentang 5-9.

Suhu pada rangkaian CTW mengalami perbedaan pada masing-masing bak. Menurut Rao (dalam Kanti, 2005) suhu atau temperatur yang cocok untuk pertumbuhan *Actinomyces* adalah 25-30 °C.

KESIMPULAN

Penambahan bakteri *Actinomyces* dan tanaman *Typha angustifolia* dengan menggunakan model *Constructed Treatment Wetland* (CTW) efektif dalam mendegradasi limbah cair kelapa sawit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Pusat Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah memberikan bantuan dana untuk penelitian ini. Terima kasih juga kepada pihak PT. SIR Perawang yang telah membantu dalam menyediakan bahan dan data sekunder lainnya. Selanjutnya kepada Ibu Ir. Zulfarina, M.Si yang telah memberikan arahan dan

masuk dan saudara Titis Maria Yusuf, S.Pd selaku rekan satu tim yang telah saling membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Munif dan Awaludin Hipi. 2011. Potensi Bakteri Endofit dan Rhizosfer dalam Meningkatkan Pertumbuhan Jagung. *Prosiding Seminar Nasional Serealia 2011*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Andarini Ayu Retnosari dan Maya Shovitri. 2013. Kemampuan Isolat *Bacillus sp.* dalam Mendegradasi Limbah Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2(1): E7-E11.
- Euis Nurul Hidayah dan Wahyu Aditya. 2011. Potensi dan Pengaruh Tanaman pada Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Sistem *Constructed Wetland*. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 2(2): 11-18.
- Evasari, J. 2012. *Pemanfaatan Lahan Basah Buatan dengan Menggunakan Tanaman Typha angustifolia untuk Mengelola Limbah Cair Domestik*. Skripsi tidak dipublikasikan. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Kanti, A. 2005. Actinomycetes Selulolitik dari Tanah Hutan Taman Nasional Bukit Duabelas, Jambi. *Jurnal Biodiversitas*. 6(2): 85-89.
- KEPMENLH. 1995. *Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri*. Salinan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-51/MENLH/10/1995. Jakarta.
- Mahajoeno, E., Luthfianto, D. dan Sunarto. 2012. Pengaruh Macam Limbah dan Pengenceran terhadap Produksi Biogas dari Bahan Biomassa Limbah Peternakan Ayam. *Bioteknologi*. 9(1): 18-25.
- Munir, E. 2006. *Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif untuk Pelestarian Lingkungan*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Niken Retno Wulan. 2002. Studi Evaluasi Dan Pengembangan Pengelolaan Persampahan Kota Banyuwangi. Skripsi tidak dipublikasikan. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Paramita P, Maya Shovitri dan N D Kuswytasari. 2012. Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 1(Sept,2012): 23-26.
- Supradata. 2005. *Pengolahan Limbah Domestik menggunakan Tanaman Hias Cyperus alternifolius dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands)*. Tesis tidak dipublikasikan. Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro. Semarang
- Tangahu, B.V. dan Warmadewanthi, I.D.A.A. 2001. Pengelolaan Limbah Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (*Typha angustifolia*) dalam Sistem *Constructed Wetland*. *Jurnal Purifikasi*. 2(3): 70-77.
- Wallace, J. N. 2013. *Sustainability Potential And Policy Framework Of Constructed Wetlands For Wastewater Treatment: An Ontario Perspective*. Queen's University.