

ACTIVITY OF RHIZOSPHERE BACTERIAL *Actinomycetes* DEGRADE PALM OIL LIQUID WASTE

Titis Maria Yusuf*, Suwondo, Sri Wulandari

*titis_maria@rocketmail.com +6282369946990

Biology Education Faculty of Teacher Training and Education
University of Riau

Abstrack: This research aims to determine the activity of rhizosphere bacterial *Actinomycetes* degrade palm oil liquid waste. The method used in this research is experimental, using a completely randomized design with 4 treatments and 3 times replicates. The degradation treatment of palm oil liquid waste as follows: (1) palm oil liquid waste sterile without bacteria (control), (2) palm oil liquid waste sterile + bacteria *Actinomycetes* type I, (3) palm oil liquid waste sterile + bacteria *Actinomycetes* type II, and (4) palm oil liquid waste sterile + bacteria *Actinomycetes* type III. Rhizosphere bacterial *Actinomycetes* type II proved the most potential to degrade palm oil liquid waste compared with rhizosphere bacterial *Actinomycetes* types I and III. Rhizosphere bacterial *Actinomycetes* type II can reduce the BOD 23.67 mg/L, COD 748.33 mg/L, TSS 21.67 mg/L, pH 7.3, and the total number of bacteria 80×10^{10} CFU/mL during incubation day 14. The longer incubation time the content of BOD, COD, TSS decreased and pH values towards neutral.

Key Words: rhizosphere bacterial *Actinomycetes*, palm oil liquid waste degradation

AKTIVITAS BAKTERI RIZOSFER *Actinomyces* DALAM MENDEGRADASI LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT

Titis Maria Yusuf*, Suwondo, Sri Wulandari

*titis_maria@rocketmail.com +6282369946990

Program Studi Pendidikan Biologi

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas bakteri rizosfer *Actinomyces* dalam mendegradasi limbah cair kelapa sawit. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen, menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan dengan perlakuan degradasi limbah cair kelapa sawit sebagai berikut: (1) limbah cair kelapa sawit steril tanpa bakteri (kontrol), (2) limbah cair kelapa sawit steril + bakteri *Actinomyces* jenis I, (3) limbah cair kelapa sawit steril + bakteri *Actinomyces* jenis II, dan (4) limbah cair kelapa sawit steril + bakteri *Actinomyces* jenis III. Bakteri rizosfer *Actinomyces* jenis II terbukti paling berpotensi dalam mendegradasi limbah cair kelapa sawit dibandingkan dengan bakteri rizosfer *Actinomyces* jenis I dan III. Bakteri rizosfer *Actinomyces* jenis II dapat menurunkan kandungan BOD yaitu 23.67 mg/L, COD 748.33 mg/L, TSS 21.67 mg/L, pH 7.3 dan jumlah total bakteri 80×10^{10} CFU/mL selama masa inkubasi hari ke-14. Semakin lama waktu inkubasi maka kandungan BOD, COD, TSS semakin menurun dan nilai pH menuju netral.

Kata Kunci: bakteri rizosfer *Actinomyces*, degradasi limbah cair kelapa sawit

PENDAHULUAN

Degradasi senyawa kimia oleh bakteri di lingkungan merupakan proses yang sangat penting untuk mengurangi kadar bahan-bahan berbahaya di lingkungan, yang berlangsung melalui suatu seri reaksi kimia yang cukup kompleks. Dalam proses degradasinya, bakteri menggunakan senyawa kimia tersebut untuk pertumbuhan dan reproduksinya melalui berbagai proses oksidasi (Erman Munir, 2006). Prinsip pengolahan limbah secara biologi adalah pemanfaatan aktivitas mikroorganisme seperti bakteri, fungi, dan protozoa. Mikroorganisme tersebut merombak limbah organik menjadi senyawa organik sederhana dan mengkonversikannya menjadi gas karbondioksida (CO₂), air (H₂O) dan energi untuk pertumbuhan dan reproduksinya (Doraja, *dkk.*, 2012).

Beragamnya jenis bakteri *Actinomycetes* ini diduga mempunyai potensi yang lebih baik dibandingkan jenis bakteri lain dalam mendegradasi limbah cair kelapa sawit. Menurut beberapa peneliti di Departemen Pertanian (2004), penggunaan bioremediator bakteri pengakumulasi logam berat dari genus *Actinomycetes*, telah teruji dapat menurunkan kandungan limbah pada limbah cair industri.

Limbah cair Pabrik Kelapa Sawit (PKS) merupakan limbah cair dengan kandungan bahan organik yang tinggi (Rusmey Togatorop, 2009). Kebutuhan oksigen oleh mikroba dalam air limbah ditunjukkan melalui BOD dan COD. Menurut Fibria Kaswinarni (2007) BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa-senyawa kimia. Nilai BOD bermanfaat untuk mengetahui apakah air limbah tersebut mengalami biodegradasi atau tidak, yakni dengan membuat perbandingan antara nilai BOD dan COD.

Limbah cair PKS bila dibiarkan tanpa diolah lebih lanjut akan terbentuk amonia, hal ini disebabkan bahan organik yang terkandung dalam limbah cair tersebut terurai dan membentuk amonia. Terbentuk amonia ini akan mempengaruhi kehidupan biota air dan dapat menimbulkan bau busuk. Salah satu bentuk teknik pengendalian dan pengoperasian limbah cair PKS ialah dengan melakukan degradasi terhadap komponen organik menjadi senyawa organik sederhana sehingga baku mutu limbah cair dapat disesuaikan dengan daya dukung lingkungan (Azwir, 2006). Degradasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menguji bagaimana aktivitas bakteri rizosfer *Actinomycetes* dalam mendegradasi limbah cair pabrik kelapa sawit.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen, menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dilakukan 4 perlakuan dengan 3 kali ulangan. Stok kultur diambil dari hasil peremajaan isolat dengan cara yaitu subkultur dilakukan pada medium *Yeast Malt Ekstrak Broth* (YMEB) ditambah limbah cair PKS steril. Limbah cair ini digunakan dengan tujuan agar bakteri bisa beradaptasi dengan limbah cair PKS. Sebanyak 1 ose bakteri ditanamkan ke dalam 125 mL *Yeast Malt Ekstrak Broth* ditambah limbah cair PKS (Syarif Hidayat dan Edwan Kardena, 2012). Tahap selanjutnya adalah menggunakan sebanyak 125 mL hasil subkultur dicampurkan ke dalam 500 mL limbah cair PKS (Cappucino *and* Sherman dalam Chandra Argha Dinata, 2013).

Disiapkan 4 wadah yang diisi dengan sampel limbah cair pabrik kelapa sawit steril sebanyak 500 mL dan tiap wadah diisi sebanyak 125 mL kultur mikroba dari medium cair YMEB dengan ketentuan seperti Tabel 1 berikut:

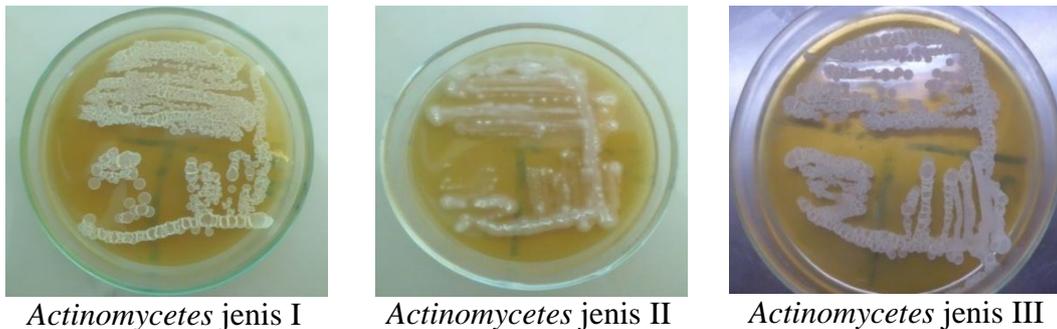
Tabel 1. Perlakuan limbah cair pabrik kelapa sawit terhadap bakteri *Actinomyces*

Wadah	Perlakuan
I	Limbah CPKS Steril (Kontrol)
II	Limbah CPKS Steril dan <i>Actinomyces</i> jenis I
III	Limbah CPKS Steril dan <i>Actinomyces</i> jenis II
IV	Limbah CPKS Steril dan <i>Actinomyces</i> jenis III

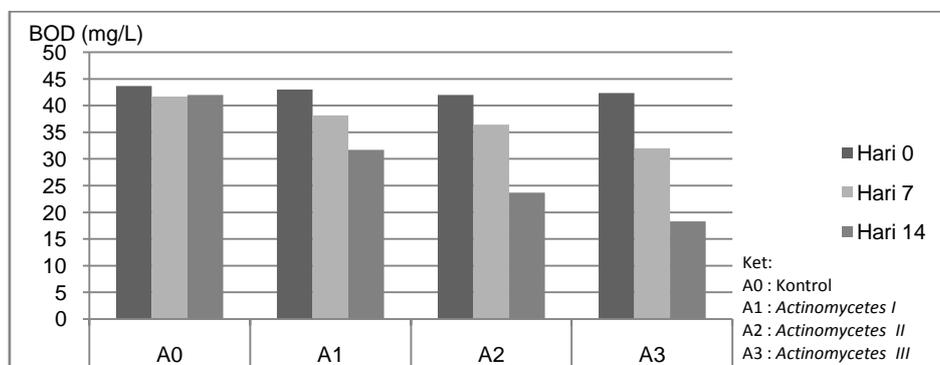
Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk diagram batang. Untuk menentukan bakteri rizosfer *Actinomyces* yang mempunyai potensi terbaik dalam mendegradasi limbah cair pabrik kelapa sawit, dilakukan analisis uji varians (ANOVA) pada taraf 1%. Jika terdapat beda nyata dilakukan uji lanjut dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk biakan murni rizosfer *Actinomyces* setelah diremajakan dengan metode cawan gores pada media selektif Yeast Malt Extract Agar (YMEA) pada Gambar 1 berikut:

Gambar 1. Biakan murni *Actinomyces* jenis I, II dan III dengan metode cawan gores

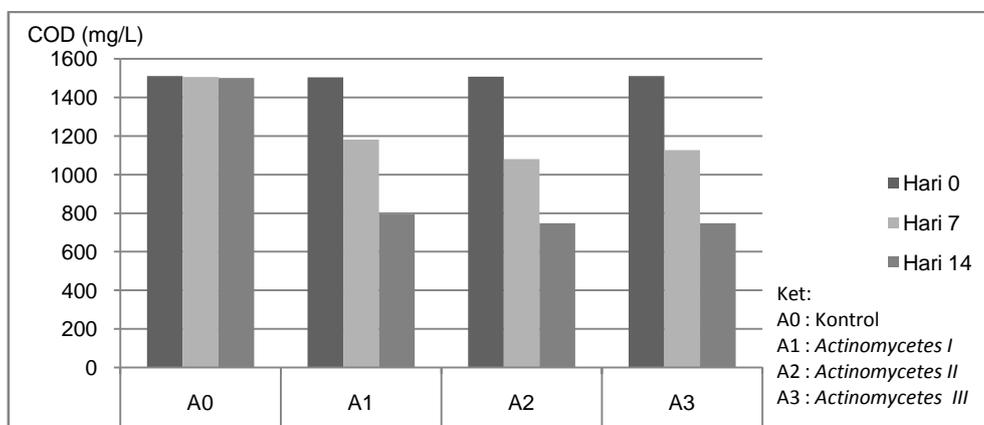
Actinomyces jenis I, II dan III pada Gambar 1 menunjukkan permukaan yang bertepung, konsistensi melekat kuat pada permukaan dan berbau seradah. Bakteri jenis *Actinomyces* ini terlihat kering dan kecil pada awalnya permukaan koloni halus namun kemudian membentuk tenunan miselium yang tampak seperti butiran, bubuk, atau beludru. Berdasarkan hasil pengukuran kandungan BOD setelah penambahan bakteri *Actinomyces* pada limbah cair pabrik kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut:

Gambar 2. Kandungan BOD pada hari ke-0, hari ke-7 dan hari ke-14 setelah penambahan *Actinomyces* pada limbah cair pabrik kelapa sawit

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa penambahan isolat bakteri *Actinomyces* dapat menurunkan kandungan BOD pada limbah cair pabrik kelapa sawit. Hasil pengukuran kandungan BOD hari ke-14 menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol 42 mg/L, *Actinomyces* jenis I 31.67 mg/L, *Actinomyces* jenis II 23.67 mg/L dan *Actinomyces* jenis III adalah 18.33 mg/L. Isolat bakteri *Actinomyces* jenis III mempunyai kemampuan lebih baik dalam mendegradasi limbah cair pabrik kelapa sawit dibandingkan dengan isolat bakteri *Actinomyces* lainnya.

Bakteri rizosfer *Actinomyces* dapat menurunkan kandungan BOD dalam limbah cair pabrik kelapa sawit dengan menghasilkan enzim yang berperan dalam perombakan bahan organik. Bahan organik tersebut diurai sehingga dihasilkan energi, CO₂, H₂O dan sisa metabolisme lainnya. Molekul-molekul besar seperti protein, karbohidrat, lemak, atau senyawa organik lain didekomposisi metabolisme tubuh bakteri tersebut menjadi molekul-molekul tunggal seperti asam amino, metana, gas CO₂, serta molekul-molekul lain yang mengandung enam nutrisi utama bakteri, yaitu senyawa-senyawa karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen, fosfor, serta sulfur (Tuti Widjastuti, *dkk.*, 2007)

Semakin lama waktu perlakuan penambahan isolat bakteri *Actinomyces* kandungan BOD semakin turun. Terlihat pada Gambar 2 bahwa, kandungan BOD inkubasi hari ke-0 42.75 mg/L, hari ke-7 menjadi 37.05 mg/L, dan hari ke-14 menurun menjadi 28.91 mg/L. Dibutuhkan waktu untuk mendegradasi limbah cair pabrik kelapa sawit yang memiliki kandungan bahan organik yang tinggi. Wignyanto, *dkk.*, (2009) menjelaskan bahwa makin besar jumlah bahan organik, oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan semakin besar, sehingga kandungan BOD nya besar. Berdasarkan hasil pengukuran kandungan COD setelah penambahan *Actinomyces* pada limbah cair pabrik kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Kandungan COD pada hari ke-0, hari ke-7 dan hari ke-14 setelah penambahan *Actinomyces* pada limbah cair pabrik kelapa sawit

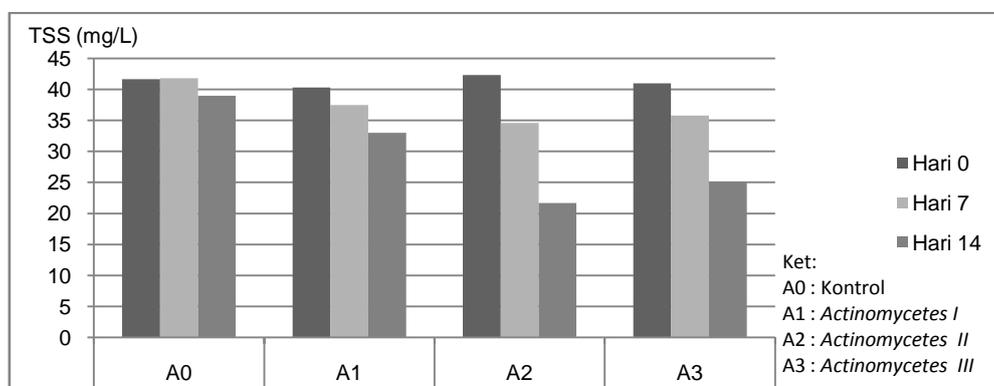
Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa penambahan isolat bakteri *Actinomyces* dapat menurunkan kandungan COD pada limbah cair pabrik kelapa sawit. Hasil pengukuran nilai COD pada hari ke-14 menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol 1500 mg/L, *Actinomyces* jenis I 795 mg/L, *Actinomyces* jenis II 748.33 mg/L dan *Actinomyces* jenis III 748.33 mg/L. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa isolat bakteri *Actinomyces* II dan III mempunyai kemampuan lebih baik dalam mendegradasi limbah cair pabrik kelapa sawit.

Bakteri *Actinomyces* memiliki kemampuan untuk dapat mendegradasi lignin dan selulosa secara efisien hal ini dikarenakan bakteri *Actinomyces* tersebut mampu

memproduksi enzim ekstraseluler. Selulosa dapat didegradasi menjadi selobiosa melalui rantai panjang 1-4 anhidroglukosa oleh enzim ekstraseluler. Dekomposisi selulosa terjadi di dalam sel bakteri *Actinomyces* dimana selubiosa memecah selobiosa, hemiselulosa sebagai sumber energi dan karbon dimanfaatkan oleh bakteri *Actinomyces* tersebut yang akhirnya membentuk CO₂ dan H₂O (Hardjo, *et al* dalam Tuti Widjastuti, *dkk.*, 2007).

Semakin lama waktu perlakuan penambahan isolat bakteri *Actinomyces* kandungan COD semakin turun. Terlihat pada Gambar 3 bahwa, kandungan COD inkubasi hari ke-0 1503.33 mg/L, hari ke-7 1223.41 mg/L, dan hari ke-14 menurun menjadi 947.91mg/L. Menurut Widaningsih (2008) semakin lama waktu inkubasi sumber bahan organik dari limbah makin menurun sebab telah dikonsumsi oleh mikroba heterotrof yaitu *Actinomyces*.

Berdasarkan hasil pengukuran kandungan TSS setelah penambahan *Actinomyces* pada limbah cair pabrik kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut:



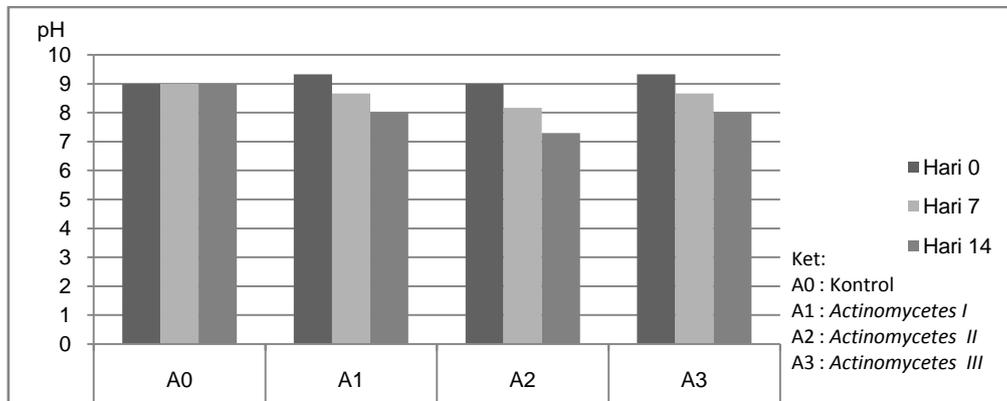
Gambar 4. Kandungan TSS pada hari ke-0, hari ke-7 dan hari ke-14 setelah penambahan *Actinomyces* pada limbah cair pabrik kelapa sawit

Pada Gambar 4 di atas dapat dilihat bahwa penambahan isolat bakteri *Actinomyces* dapat menurunkan kandungan TSS pada limbah cair pabrik kelapa sawit. Hasil pengukuran nilai TSS pada hari ke-14 menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol 39 mg/L, *Actinomyces* jenis I 33 mg/L, *Actinomyces* jenis II 21.67 mg/L dan *Actinomyces* jenis III 25 mg/L. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa isolat bakteri *Actinomyces* II mempunyai kemampuan lebih baik dalam mendegradasi limbah cair pabrik kelapa sawit. Menurut Batara Nur Adiyanto (2007) kandungan TSS limbah cair menurun dengan adanya penambahan isolat bakteri. Berkurangnya padatan tersuspensi ini menurut Radojevic dan Vladimir (dalam Wignyanto, *dkk.*, 2009) disebabkan aktivitas pendegradasian senyawa organik oleh bakteri *Actinomyces*.

Semakin lama waktu perlakuan penambahan isolat bakteri *Actinomyces* kandungan TSS semakin turun. Terlihat pada Gambar 4 bahwa, kandungan TSS inkubasi hari ke-0 41.33 mg/L, hari ke-7 menjadi 37.41 mg/L, dan hari ke-14 menurun menjadi 29.66 mg/L. Selama masa inkubasi bakteri *Actinomyces* merombak molekul kompleks menjadi molekul sederhana. Menurut Radojevic dan Vladimir (dalam Wignyanto, *dkk.*, 2009) senyawa sederhana yang dihasilkan bakteri *Actinomyces* setelah proses hidrolisis digunakan untuk metabolisme tersebut sehingga dihasilkan energi, CO₂, H₂O dan sisa metabolisme.

Salah satu indikator bahwa proses pendegradasian berjalan dengan baik adalah adanya perubahan derajat keasamaan (pH) limbah cair pabrik kelapa sawit menuju 7

atau netral (Kurniadi dalam P. Nugrahini dan A. Kristianto, 2013). Berdasarkan hasil pengukuran pH setelah penambahan *Actinomyces* pada limbah cair pabrik kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut:

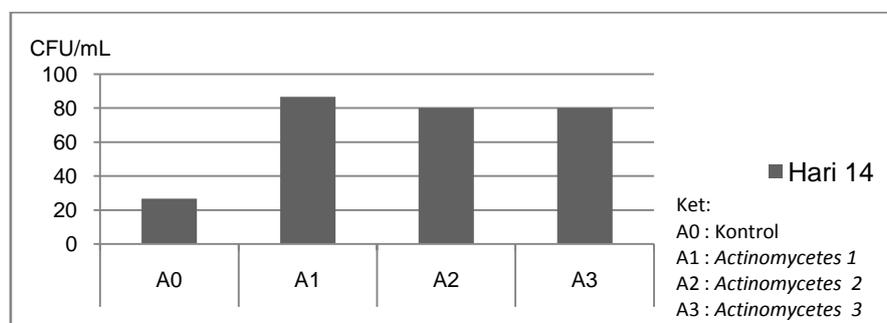


Gambar 5. Kandungan pH pada hari ke-0, hari ke-7 dan hari ke-14 setelah penambahan *Actinomyces* pada limbah cair pabrik kelapa sawit

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa penambahan isolat bakteri *Actinomyces* dapat menurunkan nilai pH pada limbah cair pabrik kelapa sawit. Hasil pengukuran nilai pH pada hari ke-14 menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol 9, *Actinomyces* jenis I 8, *Actinomyces* jenis II 7.3 dan *Actinomyces* jenis III yaitu 8. Berdasarkan pengukuran pH di atas dapat dilihat bahwa nilai pH semakin menuju netral setelah penambahan isolat bakteri *Actinomyces*.

Kondisi lingkungan yang ideal terutama pH dan konsentrasi inokulum akan mendukung proses pendegradasian limbah cair pabrik kelapa sawit dengan baik dan akan memperlancar proses metabolisme dalam sel, sehingga pertumbuhan sel bakteri *Actinomyces* akan berjalan lebih baik. Cookson dan Alexander (dalam Syukria Ikhsan Zam, 2011) menambahkan fungsi seluler, transport membran, dan keseimbangan reaksi katalisis sangat dipengaruhi oleh pH, sehingga mempengaruhi pertumbuhan dan tingkat degradasi.

Pada Gambar 5 rata-rata nilai pH inkubasi hari ke-0 9.16, hari ke-7 menjadi 8.62, dan hari ke-14 menurun menjadi 8.07. Penurunan nilai pH selama masa inkubasi ini disebabkan karena adanya aktivitas biodegradasi yang dilakukan oleh isolat bakteri *Actinomyces* pada limbah cair pabrik kelapa sawit. Berdasarkan hasil perhitungan Total Plate Count (TPC) pada hari ke-14 setelah penambahan *Actinomyces* pada limbah cair pabrik kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut:



Gambar 6. Hasil perhitungan Total Plate Count (TPC) pada hari ke-14 setelah penambahan *Actinomyces* pada limbah cair pabrik kelapa sawit

Hasil perhitungan Total Plate Count (TPC) pada hari ke-14 menunjukkan bahwa jumlah bakteri pada perlakuan kontrol 26.67×10^{10} CFU/mL, *Actinomyces* jenis I 86.67×10^{10} CFU/mL, *Actinomyces* jenis II 80×10^{10} CFU/mL, dan *Actinomyces* jenis III 80×10^{10} CFU/mL. Pertumbuhan bakteri pada perlakuan kontrol dikarenakan pada saat proses pensterilan limbah cair pabrik kelapa sawit terdapat spora bakteri *Actinomyces* yang tidak terdenaturasi sempurna sehingga walaupun bakteri di dalam limbah tersebut telah mati namun masih ada spora yang tumbuh setelah diinkubasi.

Jumlah bakteri pada penambahan bakteri *Actinomyces* jenis II dan III lebih sedikit dibandingkan penambahan bakteri *Actinomyces* jenis I. Hal ini menurut Wahyu Amy Ishartanto (2009) penurunan jumlah koloni bakteri dapat disebabkan oleh penurunan jumlah bahan organik yang ada. Penurunan bahan organik akibat proses dekomposisi dan kompetisi dalam memanfaatkan bahan organik.

Data hasil pengukuran parameter fisika kimia dan biologi, dilakukan analisis varians (ANOVA) untuk menentukan isolat bakteri *Actinomyces* yang paling potensial dalam mendegradasi limbah cair pabrik kelapa sawit pada hari ke-14, seperti terlihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Aktivitas bakteri rizosfer *Actinomyces* dalam mendegradasi limbah cair pabrik kelapa sawit pada hari ke-14.

No.	Parameter	Satuan	Hasil Pengukuran			
			Kontrol	<i>Actinomyces</i> I	<i>Actinomyces</i> II	<i>Actinomyces</i> III
1	BOD	mg/L	42d	31.67c	23.67b	18.33a
2	COD	mg/L	1500c	795b	748.33a	748.33a
3	TSS	mg/L	39d	33c	21.67a	25b
4	pH	-	9c	8b	7.3a	8b
5	TPC	CFU/mL	$26.67 \times 10^{10}a$	$86.67 \times 10^{10}c$	$80 \times 10^{10}b$	$80 \times 10^{10}b$

Keterangan: Angka rerata yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji DMRT pada taraf 5%

Berdasarkan hasil uji DMRT 5% pada penurunan kandungan BOD hari ke-14 menunjukkan bahwa terdapat beda nyata antar perlakuan yaitu antara kontrol, penambahan bakteri *Actinomyces* jenis I, jenis II dan jenis III. Penambahan bakteri *Actinomyces* jenis III paling potensial dalam menurunkan kandungan BOD yaitu 18.33a mg/L. Penurunan kandungan COD hari ke-14 menunjukkan bahwa terdapat beda nyata antara perlakuan kontrol dan penambahan bakteri *Actinomyces* jenis I dan tidak berbeda nyata pada penambahan bakteri *Actinomyces* jenis II dan jenis III. Penambahan bakteri *Actinomyces* jenis II dan III berpotensi dalam menurunkan kandungan COD yaitu 748.33a mg/L. Penurunan kandungan TSS hari ke-14 menunjukkan bahwa terdapat beda nyata antar perlakuan yaitu antara kontrol, penambahan bakteri *Actinomyces* jenis I, jenis II dan jenis III. Penambahan bakteri *Actinomyces* jenis II paling potensial dalam menurunkan kandungan TSS yaitu 21.67a mg/L.

Penurunan nilai pH menuju netral hari ke-14 menunjukkan bahwa terdapat beda nyata antar perlakuan yaitu antara kontrol, penambahan bakteri *Actinomyces* jenis I, jenis II dan jenis III. Penambahan bakteri *Actinomyces* jenis II paling potensial dalam menurunkan nilai pH yaitu 7.3a. Total Plate Count (TPC) menunjukkan bahwa terdapat beda nyata antara perlakuan kontrol dan penambahan *Actinomyces* jenis I dan tidak berbeda nyata antara penambahan *Actinomyces* jenis II dan III. Koloni bakteri *Actinomyces* jenis II dan jenis III paling potensial dalam menurunkan parameter fisika

kimia yaitu dengan jumlah 80×10^{10} b CFU/mL Pertumbuhan bakteri pada perlakuan kontrol dikarenakan pada saat proses pensterilan limbah cair pabrik kelapa sawit terdapat spora *Actinomyces* yang tidak terdenaturasi sempurna. Hasil analisis varians dan uji DMRT 5% bahwa penurunan kandungan BOD yaitu 18.33a mg/L, COD 748.33a mg/L, TSS 21.67a mg/L, nilai pH 7.3a dan jumlah bakteri 80×10^{10} b CFU/mL, menunjukkan bakteri rizosfer *Actinomyces* jenis II paling berpotensi dalam mendegradasi limbah cair pabrik kelapa sawit dibandingkan *Actinomyces* jenis I dan III pada hari ke-14.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penambahan bakteri rizosfer *Actinomyces* berpotensi dalam mendegradasi limbah cair pabrik kelapa sawit. Bakteri rizosfer *Actinomyces* jenis II terbukti paling berpotensi dalam mendegradasi limbah cair pabrik kelapa sawit dibandingkan dengan bakteri rizosfer *Actinomyces* jenis I dan III. Semakin lama waktu inkubasi maka kandungan BOD, COD, TSS semakin menurun dan nilai pH menuju netral. Saran lanjutan yang dapat ditindaklanjuti adalah dengan melakukan uji biokimia untuk mengetahui jenis spesies ke-3 bakteri rizosfer *Actinomyces*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah mendanai penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Pabrik Kelapa Sawit PT Surya Intisari Raya, Perawang yang telah menyediakan limbah cair kelapa sawit untuk digunakan dalam penelitian ini. Serta ucapan terima kasih kepada Syaiful Anshar, S.Pd sebagai partner penelitian yang banyak membantu dan Ibu Ir. Zulfarina, M.Si yang telah memberi tambahan informasi mengenai proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andarini Ayu Retnosari dan Maya Shovitri. 2013. Kemampuan Isolat *Bacillus* sp. dalam Mendegradasi Limbah Tangki Septik. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits* 2(1): 2337-3520. (Online). www.google.com (diakses 15 Juni 2013).
- Chandra Argha Dinata. 2013. Keragaman Bakteri Rizosfir pada Fitoremediasi Typha Angustifolia yang Diberi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Sumber Belajar dalam Mendeskripsikan Bakteri Bagi Siswa SMA. Skripsi. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Departemen Pertanian, 2004. *Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat (Puslitbangtanak). Jawa Barat.
- Doraja, P.H., Maya Shovitri, dan N.D. Kuswyasari. 2012. Biodegradasi Limbah Domestik dengan Menggunakan Inokulum Alami dari Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS* 1(1): 44-47. (Online). www.google.com (diakses 15 Juni 2013).
- Erman Munir. 2006. Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif untuk Lingkungan. *Gelombang Mahasiswa*. 1 Mei 2006. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Fibrija Kaswinarni. 2007. Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.

- Rusmey Togatorop. 2009. Korelasi Antara Biological Oxygen Demand (COD) Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit terhadap pH, Total Suspended Solid (TSS), Alkalinitas Dan Minyak/ Lemak. Tesis. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Syarif Hidayat dan Edwan Kardena. 2012. Penyisihan Senyawa Organik Limbah Air Terproduksi pada Reaktor BATCH Menggunakan Bakteri Indogenous dan Penambahan Nutrisi. Tesis. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Syukria Ikhsan Zam. 2011. In vitro Bioremediation of Dirtied Soil by Oil Refinery Waste in different pH Concentration. *Jurnal Agroteknologi* 1(2):1-8. (Online). www.google.com (diakses 12 Juni 2014).
- Tuti Widjastuti, Abun, Wiwin Tanwiriah dan Indrawati Yudha Asmara. 2007. Pengolahan Bungkil Inti Sawit Melalui Fermentasi oleh Jamur *Marasmius sp* Guna Menunjang Bahan Pakan Alternatif Untuk Ransum Ayam Broiler. Makalah Ilmiah. Jurusan Produksi Ternak Universitas Padjadjaran. Yogyakarta.
- Wahyu Amy Ishartanto. 2009. Pengaruh Aerasi dan Penambahan Bakteri *Basillus sp.* dalam Mereduksi bahan Pencemar Organik Air Limbah Domestik. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Widaningsih. 2008. Efektivitas Penghambatan Seresah *Anacardium Occidentale*, *Manihot Esculenta* Dan *Curcuma Domestica* Terhadap Potensial Nitrifikasi Dan Bakteri Nitrifikasi di Alfisols. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Wignyanto, Nur Hidayat, dan Alfia Ariningrum. 2009. Bioremediation of Liquid Waste in Sanan Tempeh Industry and Its Unit Operation Planning (Study on Aeration Rate and Incubation Time). *Jurnal Teknologi Pertanian* 10(2): 123-135. (Online). www.google.com (diakses 15 April 2014).