



The Addition Effect of Chitosan and *Bacillus amyloliquefanciens* Bacteria in the Tapioca Liquid Waste Phytoremediation Process

Panca Nugrahini Febriningrum dan Mela Sari M. Nur ✉

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
Jl. Prof. Dr. Soemantri Bojonegoro No.1 Bandar Lampung, Lampung, Indonesia

Info Artikel

Diterima Februari 2021

Ditetujui Maret 2021

Dipublikasikan Mei 2021

Keywords:

Bacillus amyloliquefanciens

Eceng Gongok

Kitosan

Phytoremediation

Tapioca liquid waste

Abstrak

Pengolahan limbah cair tapioka menggunakan proses fitoremediasi tanaman eceng gondok belum mencapai hasil yang maksimal, sehingga perlu dilakukan penambahan kitosan sebagai *pretreatment* dan Bakteri *Bacillus amyloliquefanciens*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menentukan pengaruh penambahan kitosan dan bakteri untuk meningkatkan kemampuan tanaman eceng gondok dalam fitoremediasi limbah cair tapioka. Proses penelitian ini dilakukan dalam dua tahap pengolahan limbah cair tapioka, yaitu tahap *batch* dan *continue*. Proses *batch* menggunakan sebuah reaktor dan proses *continue* menggunakan tiga reaktor yang dirangkai secara seri untuk setiap perlakuan. Hasil pada proses *batch* tanpa penambahan bakteri yaitu, penyisihan COD sebesar 79%, penyisihan TSS 65,12%, penyisihan VSS 60% dan pH akhir 6,9 selama 12 hari dengan variasi kitosan 25 mg/l. Pada perlakuan penambahan bakteri besar penyisihan COD 81,78%, penyisihan TSS 86,11%, penyisihan VSS 89,66% dan pH akhir 6,8 selama 8 hari dengan variasi kitosan 50 mg/l. Hasil pada proses *continue* dengan waktu tinggal 12 jam penyisihan COD sebesar 78,25%, dengan nilai akhir TSS 400 mg/l, VSS 200 mg/l, dan pH 5,5. Maka dapat disimpulkan pengaruh penambahan kitosan dan bakteri pada proses fitoremediasi limbah cair tapioka yaitu, semakin banyak kitosan yang ditambahkan, penyisihan COD semakin kecil dan nilai pH cenderung konstan, akan tetapi penyisihan TSS dan VSS semakin besar, pada perlakuan tanpa bakteri. Perlakuan dengan penambahan bakteri menunjukkan bahwa semakin banyak kitosan yang ditambahkan, semakin besar pula penyisihan COD dan penyisihan TSS. Hal ini berkebalikan dengan penyisihan VSS yang menjadi semakin kecil, sedangkan nilai pH cenderung konstan.

Abstract

Tapioca liquid waste treatment using phytoremediation process of water hyacinth plant has not reached the maximum result, therefore it is necessary to give more treatment by adding chitosan as a pretreatment and *Bacillus amyloliquefanciens* bacteria. This study aims to determine and determine the effect of the addition of chitosan and bacteria to increase the ability of water hyacinth plants in phytoremediation of tapioca wastewater. The research process was carried out in two stages of tapioca liquid waste processing, namely the batch and continue stages. The batch process uses a reactor and the continuous process uses three reactors connected in series for each treatment. The result in the batch process without the addition of bacteria without the addition of bacteria namely, COD removal of 79%, TSS removal of 65,12%, VSS removal of 60% and final pH of 6,9 for 12 days with variation of chitosan 25 mg/l. In the treatment of the addition of large bacteria, COD removal was 81,78%, TSS removal 86,11%, VSS removal was 89,66% and final pH was 6,8 for 8 days with a variation of chitosan 50mg/l. The results in the continued process with a residence time of 12 hours COD removal of 78,25% with an end value of TSS 400 mg/l, VSS 200 mg/l and pH 5,5. So it can be concluded that the effect of the chitosan and bacteria on the phytoremediation process of tapioca wastewater namely, the more chitosan is added, the COD removal is smaller and the pH value tends to be constant, but the VSS and TSS removal is greater in the treatment without bacteria. The treatment with the addition of bacteria showed that the more chitosan was added, the greater the COD removal and TSS removal. This is in contrast to the VSS removal which is getting smaller, while the pH value tends to be constant.

Pendahuluan

Limbah cair tapioka dapat menimbulkan pencemaran air jika langsung dibuang ke badan perairan. Hal ini di karenakan kandungan limbah tapioka di dominasi oleh amilum, dimana amilum yang terlarut dalam air dapat menyebabkan berkurangnya oksigen yang terlarut serta menimbulkan bau yang tidak sedap, karena proses degradasi senyawa organik yang kurang sempurna (Indarto, 2010). Pengolahan limbah cair dapat dilakukan dengan tiga metode, secara fisika, kimia, dan biologi. Dari ketiga metode tersebut, metode biologi dapat dijadikan pilihan untuk pengolahan limbah cair tapioka dikarenakan limbah cair tapioka banyak mengandung zat organik. Salah satu metode pengolahan limbah secara biologi yaitu, fitoremediasi. Dimana fitoremediasi merupakan teknologi alternatif pengolahan limbah dengan memanfaatkan tanaman (Welhelmus *et al.*, 2017).

Fitoremediasi terdiri dari kata *phyto* dan *remediation*. *Phyto* dari bahasa Yunani "*phyton*" yang memiliki arti tumbuhan dan *remediation* dari bahasa Latin yang berarti memperbaiki atau membersihkan sesuatu. Sehingga, Fitoremediasi merupakan proses mengubah zat kontaminan atau pencemar menjadi zat yang kurang atau tidak berbahaya menggunakan tanaman tertentu yang bersimbiosis dengan mikroorganisme (Sungkowo *et al.*, 2015). Fitoremediasi memiliki kelebihan, dimana biaya yang dibutuhkan relatif murah, ramah lingkungan, dan fitoremediasi juga menawarkan remediasi permanen bukan sekedar pemindahan masalah (Welhelmus *et al.*, 2017).

Pengolahan limbah cair tapioka menggunakan metode fitoremediasi telah dilakukan dalam penelitian sebelumnya dengan menggunakan tanaman eceng gondok. Eceng gondok mempunyai kemampuan untuk menyerap zat organik, anorganik, dan logam berat (Welhelmus *et al.*, 2017). Pada bagian akar terdapat simbiosis dengan mikroorganisme, yaitu mikroba *rhizosfer*. Mikroba *rhizosfer* ini memiliki peranan untuk menguraikan zat organik. Hasil dari peruraian oleh mikroba *rhizosfer* akan diserap akar yang nantinya akan mengalami reaksi biologi dan terakumulasi di batang tanaman untuk diteruskan ke daun (Dwijayanti *et al.*, 2016). Limbah cair tapioka dengan nilai awal COD (*Chemical Oxygen Demand*) sebesar 5.709 mg/l dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) sebesar 2.121,1 mg/l kemudian diolah dengan menggunakan metode fitoremediasi memanfaatkan tanaman eceng gondok mampu menurunkan nilai COD menjadi 1.300 mg/l dan nilai BOD 300 mg/l (Felani dan Hamzah, 2007). Dari hasil penelitian sebelumnya dapat diketahui kemampuan tanaman eceng gondok untuk menurunkan nilai COD dan BOD sebesar 77% dan 86% belum mencapai hasil yang maksimal (Felani dan Hamzah, 2007). Sehingga diperlukan penambahan perlakuan agar dapat meningkatkan kemampuan dari tanaman eceng gondok dalam meremediasi limbah cair tapioka.

Meningkatkan kemampuan tanaman eceng gondok dapat dilakukan dengan penambahan mikroorganisme ke dalam proses fitoremediasi. Mikroorganisme yang ditambahkan untuk meningkatkan kemampuan eceng gondok adalah bakteri *Bacillus amyloliquefanciens*. Bakteri *Bacillus* mampu menghasilkan enzim ekstraseluler yang dapat menghidrolisis protein dan polisakarida kompleks (Hatmanti, 2000). Bakteri *Bacillus amyloliquefanciens* dapat tumbuh dengan baik pada kondisi aerob sampai anaerob fakultatif, dengan temperature 8-60 °C dan pH 2-8 (Wizna *et al.*, 2014). *Bacillus amyloliquefanciens* memiliki kemampuan untuk menghasilkan beberapa jenis enzim diantaranya, α -amylase, β -glucanase, hemicellulose dan protease netral (Novita *et al.*, 2006). Enzim amilase dapat mendegradasi amilum dengan memecah menjadi polisakarida yang lebih pendek, kemudian mengubahnya menjadi maltose (Reddy *et al.*, 2003). Selain penambahan bakteri untuk meningkatkan kemampuan eceng gondok dilakukan pula penambahan kitosan sebagai koagulan. Kitosan diperoleh dari kitin melalui proses deasetilasi kitin, yaitu kitin yang telah mengalami penghilangan gugus asetil. Dimana semakin banyak gugus asetil yang hilang dari polimer kitin, maka semakin kuat interaksi ikatan hidrogen dan ion dari kitosan. Dengan demikian kitosan akan bermuatan positif yang berlawanan dengan polisakarida alam lainnya. Dengan adanya gugus-gugus amino (-NH₂) dan hidroksil (-OH) yang terikat, maka kitosan memiliki kemampuan mengikat yang lebih kuat dibandingkan dengan kitin (Prayudi dan Susanto, 2000).

Pengolahan limbah cair tapioka menggunakan kitosan telah dilakukan dalam penelitian sebelumnya, dengan hasil penurunan nilai COD sebesar 3,64-17,58% (Sholikha dan Damajanti, 2015). Dengan perolehan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pengolahan limbah cair tapioka yang hanya menggunakan kitosan belum memperoleh hasil yang maksimal perlu adanya penambahan perlakuan. Sehingga pada penelitian ini akan dilakukan proses pengolahan limbah cair tapioka secara fitoremediasi dengan penambahan kitosan dan bakteri *Bacillus amyloliquefanciens*. Maka permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan bakteri dan kitosan dalam meningkatkan kemampuan tanaman eceng gondok dalam meremediasi limbah cair tapioka. Dengan demikian tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menentukan pengaruh penambahan bakteri *Bacillus amyloliquefanciens* serta kitosan dalam meningkatkan kemampuan tanaman eceng gondok meremediasi limbah cair tapioka.

Penambahan bakteri *Bacillus amyloliquefanciens* pada proses fitoremediasi limbah cair tapioka merupakan alternatif terbaru dari penelitian ini.

Metode

Alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu tiga buah reaktor fitoremediasi, bak penampung, bak sedimentasi, gelas beker, tabung reaksi, timbangan analitik, rak tabung reaksi, spektrofotometer, COD reaktor, saringan, cawan porselin, oven, pH indikator, pipet tetes, cawan petri, pengaduk, gelas takar, timbangan 2 kg, *furnace*, desikator dan penjepit kayu. Adapun bahan yang perlukan, yaitu bahan tambahan reaktor (kerikil, pasir kasar dan tanah), tanaman eceng gondok, limbah cair tapioka, bakteri *Bacillus amyloliquefanciens*, COD reagen, kertas saring, kitosan dan kertas label.

Prosedur pada penelitian ini mengacu pada penelitian Agung, (2016). Prosedur penelitian meliputi analisis kondisi awal limbah cair tapioka, proses *pretreatment* penambahan kitosan, proses pengolahan limbah cair tapioka secara *batch*, proses pengolahan limbah cair tapioka secara *continue* dan pengamatan. Analisis kondisi awal limbah cair tapioka meliputi pengukuran nilai COD, TSS (*Total Suspended Solid*), VSS (*Volatile Suspended Solid*) dan pH. Kemudian dilanjutkan proses *pretreatment* limbah cair tapioka menggunakan kitosan dengan variasi 0 mg/l, 25 mg/l dan 50 mg/l. Pada tahap pengolahan limbah cair tapioka dilakukan secara *batch* yang terdiri atas dua perlakuan. Perlakuan I tanpa bakteri dan perlakuan II dengan penambahan bakteri diikuti dengan pengamatan pada nilai COD, TSS, VSS dan pH. Untuk proses *continue* dilakukan pada dua variasi terbaik dari proses *batch* dengan waktu tinggal 6,9 dan 12 jam yang diikuti dengan pengukuran nilai COD, TSS, VSS dan pH. Pengolahan limbah cair tapioka menggunakan tanaman eceng gondok. Selama proses pengolahan *batch* dan *continue* berat eceng gondok sebagai *variable* tetap, maka eceng gondok selalu dalam kondisi segar dengan berat setiap reaktor 1,5 kg. Jika dalam proses pengolahan didapatkan eceng gondok mati, maka akan diganti dengan eceng gondok yang segar.

Hasil dan Pembahasan

Uji Karakteristik Limbah Cair Tapioka

Limbah cair tapioka yang digunakan berasal dari salah satu industri tapioka yang terdapat di daerah Lampung Tengah. Pengujian awal meliputi nilai COD, TSS, VSS dan pH yang ditunjukkan pada Tabel 1. Pengujian awal dilakukan untuk mengetahui kondisi aktual limbah cair yang digunakan pada proses pengolahan menggunakan proses fitoremediasi.

Tabel 1. Hasil uji karakteristik limbah cair tapioka

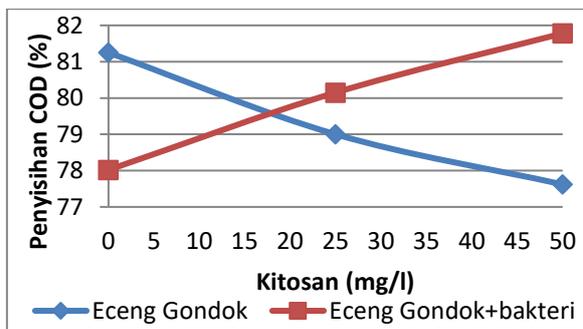
Parameter	Hasil Analisa
COD (mg/l)	7,975
TSS (mg/l)	4,300
VSS (mg/l)	2,500
pH	4,8

Proses Fitoremediasi Limbah Cair Tapioka secara *Batch*

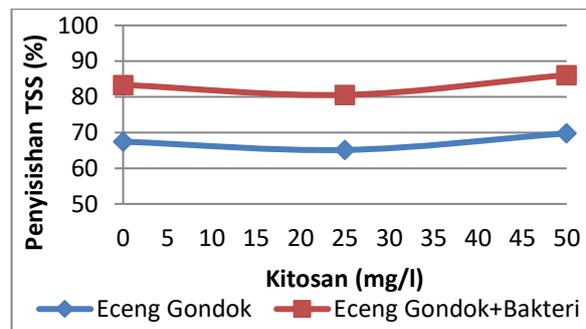
Pengolahan limbah cair tapioka dilakukan terlebih dahulu secara *batch* dengan tujuan agar tanaman dan mikroorganisme dapat menyesuaikan dengan kondisi limbah dan dapat mengetahui pengaruh dari setiap perlakuan yang ada. Sehingga kondisi terbaik dapat dilanjutkan pada tahap *continue*. Proses *batch* dilakukan hingga penurunan nilai COD 80%. Berdasarkan Gambar 1 penyisihan COD terbesar dalam perlakuan I pada variasi kitosan 0 mg/l sebesar 81,25% dan terendah variasi kitosan 50 mg/l sebesar 77,62% selama 12 hari. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kitosan mengakibatkan terjadinya pengurangan mikroorganisme yang mengakibatkan penyisihan COD menjadi kecil atau lambat. Akan tetapi berbedanya untuk perlakuan II dengan penambahan bakteri. Untuk perlakuan II penyisihan terbesar terjadi pada variasi kitosan 50 mg/l yaitu 81,78% dan terendah 0 mg/l kitosan sebesar 78,02% dengan waktu tinggal 8 hari. Hal ini terjadi karena sebagian bakteri berkurang akibat dari penambahan kitosan dan adanya penambahan bakteri *Bacillus amyloliquefanciens*. Berkurangnya bakteri mengakibatkan jumlah nutrisi yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk hidup dan berkembang biak oleh bakteri *Bacillus amyloliquefanciens*. Bakteri *Bacillus amyloliquefanciens* merupakan bakteri rizosfir, dimana bakteri rizosfir hidup disekitar akar tanaman eceng gondok. Eceng gondok akan mensuplai oksigen ke dalam air limbah yang merupakan hasil dari proses fotosintesis. Bakteri aerob mengkonsumsi oksigen sehingga jumlah bakteri akan bertambah dan proses degradasi akan semakin cepat (Suwondo *et al.*, 2014). Hasil analisis pada proses *batch* disajikan dalam Gambar 1- 4.

Pada perlakuan I dan II, tanaman eceng gondok berperan sebagai fitoremediator. Eceng gondok merupakan tumbuhan air yang dapat mempercepat penguapan air melalui proses evapotranspirasi. Evapotranspirasi adalah kombinasi proses kehilangan air dari suatu lahan bertanaman melalui evaporasi dan transpirasi. Proses evapotranspirasi akan mendukung laju penyerapan unsur hara dan bahan organik lainnya yang ada di dalam limbah cair melalui akar. Menurut Rock (Stefhany *et al.*, 2013), tumbuhan air dapat menyerap kontaminan sedalam atau sejauh akar tanaman itu dapat tumbuh. Tanaman eceng gondok mempunyai akar serabut dan panjang sehingga luas permukaan kontak antara air limbah dan akar semakin besar. Pada penelitian ini juga menggunakan kitosan yang merupakan koagulan sebagai langkah *pretreatment*, dimana kitosan dapat mematikan mikroorganisme. Sehingga hasil penyisihan COD akan menjadi kecil pada variasi kitosan terbanyak pada perlakuan tanpa bakteri, akan tetapi berbeda untuk perlakuan penambahan bakteri.

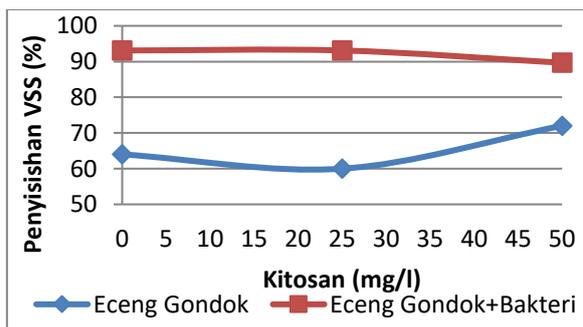
Penyisihan nilai TSS pada proses pengolahan limbah cair tapioka menggunakan tanaman eceng gondok dapat dilihat pada Gambar 2. Dimana penyisihan nilai TSS terbesar pada perlakuan I variasi 50 mg/l kitosan yaitu sebesar 69,77% selama 12 hari. Kemudian pada perlakuan II variasi 50 mg/l kitosan 86,11% selama 8 hari. Hal ini sesuai dikarenakan semakin banyak menambahkan kitosan maka nilai TSS yang dapat diturunkan semakin tinggi. Karena kitosan mampu menghasilkan flok-flok yang akan mengendap bersama partikel-partikel yang terdapat di dalam air limbah. Selain itu juga terlihat perbedaan yang signifikan antara perlakuan dengan bakteri dan tanpa bakteri. Perbedaan ini dikarenakan partikel terlarut telah terkonversi kedalam bentuk gas yang dikeluarkan sebagai hasil samping dari proses biodegradasi oleh bakteri. Oksigen yang disuplai tumbuhan akan digunakan oleh mikroorganisme untuk mengubah bahan organik menjadi gas, seperti CO₂, NH₄, H₂O dan lainnya.



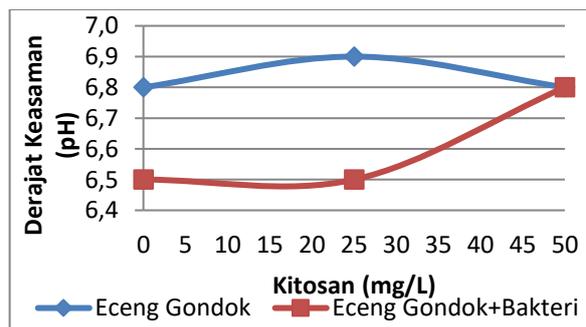
Gambar 1. Pengaruh Penambahan Kitosan dan Bakteri Terhadap Hasil Akhir Pengolahan untuk Penyisihan COD (%)



Gambar 2. Pengaruh Penambahan Kitosan dan Bakteri Terhadap Hasil Akhir Pengolahan untuk Penyisihan Nilai TSS (%)



Gambar 3. Pengaruh Penambahan Kitosan dan Bakteri Terhadap Hasil Akhir Pengolahan untuk Penyisihan Nilai VSS (%)



Gambar 4. Pengaruh Penambahan Kitosan dan Bakteri Terhadap Hasil Akhir Pengolahan untuk pH

Nilai VSS pada penelitian ini menjadi indikator dalam pemilihan kondisi terbaik pada proses *batch* selain nilai COD. Hal ini dikarenakan nilai VSS dapat diasumsikan sebagai jumlah mikroba yang ada di dalam limbah. Pada proses *batch* besarnya nilai VSS menunjukkan bahwa jumlah mikroorganisme bertambah yang berarti zat organik yang akan terdegradasi semakin banyak dan memiliki peluang untuk

dilanjutkan pada tahap *continue*. Penambahan jumlah kitosan mempengaruhi nilai VSS, dimana semakin banyak kitosan yang ditambahkan maka jumlah mikroorganisme akan berkurang yang artinya penyisihan VSS tinggi pada perlakuan tanpa bakteri. Sedangkan untuk perlakuan penambahan bakteri semakin banyak jumlah kitosan, maka bakteri yang hidup semakin banyak. Hal ini dikarenakan adanya penambahan bakteri, yang kemudian bakteri tersebut berkembang lebih cepat karena ketersediaan bahan makanan yang cukup. Berdasarkan Gambar 3 diketahui penyisihan terendah pada perlakuan I yaitu variasi 25 mg/l kitosan sebesar 60% selama 12 hari. Kemudian perlakuan II pada variasi 50 mg/l kitosan sebesar 89,66% selama 8 hari. Perbedaan yang signifikan antara perlakuan I dengan II disebabkan adanya mikroorganisme yang ditambahkan pada perlakuan II.

Proses pengolahan limbah cair tapioka baik pada perlakuan I dan perlakuan II mengalami peningkatan mendekati pH netral. Hal ini dikarenakan adanya aktivitas mikroorganisme tertentu yang merubah senyawa organik menjadi asam organik. Kemudian asam organik yang ada akan didegradasi kembali oleh mikroorganisme lainnya yang menyebabkan pH kembali naik dan mendekati netral. Salah satu mikroorganisme yang dimaksud yaitu, bakteri *Bacillus amyloliquefanciens* yang sengaja ditambahkan dalam proses degradasi. Bakteri *Bacillus amyloliquefanciens* merupakan bakteri asam dan memiliki pH berkisar 2-8. Selain itu aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik berhubungan dengan aktifitas fotosintesis, dimana respirasi akan menurunkan pH dan fotosintesis akan menaikkan pH (Idris, 2012). Hubungan CO₂ dengan pH berbanding terbalik, semakin tinggi kadar CO₂ maka semakin rendah nilai pH (Idris, 2012). Besarnya nilai pH pada akhir pengolahan dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan penjelasan diatas variasi yang dapat dipilih untuk dilanjutkan pada tahap *continue* yaitu, pada perlakuan I variasi 25 mg/l kitosan. Pemilihan pada perlakuan I didasarkan pada penyisihan VSS yang rendah, selain itu penyisihan COD 79 % (mendekati 80%) selama 12 hari. Sedangkan pada perlakuan II yaitu, variasi 50 mg/l kitosan yang memiliki penyisihan VSS terendah dan penyisihan COD 81,78% selama 8 hari. Dari kedua hasil tersebut yang paling baik pada perlakuan II variasi 50 mg/l kitosan. Penambahan bakteri dan kitosan dalam penelitian ini sangat mempengaruhi hasil pengolahan dimana pengolahan limbah yang hanya menggunakan kitosan hanya dapat menurunkan COD sebesar 3-64-17,58% dan pengolahan yang hanya menggunakan eceng gondok sebesar 77%.

Proses Fitoremediasi Limbah Cair Tapioka secara *Continue*

Pada proses *continue* tidak semua variasi dilanjutkan, pada tahap ini hanya variasi yang terbaik yang akan dilanjutkan. Proses *continue* dilakukan untuk mengetahui pendegradasian terbaik dengan waktu tersingkat. Hasil analisis pada proses *continue* disajikan dalam Tabel 2. Waktu tinggal dalam proses fitoremediasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi hasil dari pengolahan. Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa hasil penurunan terendah nilai TSS, VSS, pH dan penyisihan COD dari perlakuan I dan II pada waktu tinggal 6 jam dan hasil penurunan tertinggi pada waktu tinggal 12 jam. Hal ini sesuai, dimana semakin lama waktu tinggal dalam proses fitoremediasi maka tingkat penyerapannya semakin tinggi karena tanaman eceng gondok dan mikroorganisme memiliki waktu yang cukup untuk berkontak dengan air limbah dan memiliki waktu yang lebih lama untuk proses penyerapan, dekomposisi dan mengendapnya bahan organik. Hal ini sejalan dengan pernyataan Sungkowo *et al.* (2015) yang mengungkapkan bahwa efisiensi penyisihan kandungan air limbah bergantung pada konsentrasi dan lamanya waktu penahanan di reaktor, semakin lama waktu tinggal dalam fitoremediasi semakin tinggi pula tingkat penyerapan kandungan COD dalam air limbah. Dalam Tabel 2 pada waktu tinggal jam berikutnya terlihat penyisihan COD, TSS, VSS dan pH semakin kecil hal ini menandakan bahwa kemampuan eceng gondok menurun. Waktu tinggal yang singkat akan memaksa eceng gondok dan mikroorganisme bekerja ekstra, sehingga kemampuan eceng gondok dan mikroorganisme akan menurun hingga konstan yang artinya pada titik itu kemampuan eceng gondok dan mikroorganisme mencapai maksimal.

Tabel 2. Penyisihan COD (%), Nilai TSS (mg/L), VSS (mg/L) dan pH pada proses *continue*

Run	Waktu Tinggal (Jam)	Penyisihan COD (%)	TSS (mg/L)	VSS (mg/L)	pH
25 mg/l Kitosan (6 Jam)	6	60,11	1.100	700	4,7
	12	49,20	900	500	4,5
	18	44,25	900	600	4,3
25 mg/l Kitosan (9 Jam)	9	74,77	1.000	700	5,1
	18	66,06	800	600	5,0
	27	67,05	900	600	4,9

*Lanjutan Tabel 2.

Run	Waktu Tinggal (Jam)	Penyisihan COD (%)	TSS (mg/L)	VSS (mg/L)	pH
25 mg/l Kitosan (12 Jam)	12	80,04	900	400	6,0
	24	72,76	800	500	5,9
	36	73,30	600	400	5,3
50 mg/l Kitosan (6 Jam)	6	76,28	800	600	4,8
	12	76,78	800	500	4,7
	18	77,06	700	400	4,7
50 mg/l Kitosan (9 Jam)	9	76,03	600	400	5,3
	18	76,56	600	500	4,9
	27	76,60	500	400	4,8
50 mg/l Kitosan (12 Jam)	12	78,58	500	300	6,0
	24	78,72	600	200	5,8
	36	78,25	400	200	5,5

Simpulan

Pengaruh penambahan kitosan dan bakteri pada proses fitoremediasi limbah cair tapioka adalah semakin banyak kitosan yang ditambahkan, penyisihan COD semakin kecil dan nilai pH cenderung konstan, akan tetapi penyisihan TSS dan VSS semakin besar pada perlakuan tanpa bakteri. Perlakuan dengan penambahan bakteri menunjukkan bahwa semakin banyak kitosan yang ditambahkan, semakin besar pula penyisihan COD dan penyisihan TSS. Hal ini berkebalikan dengan penyisihan VSS yang menjadi semakin kecil, sedangkan nilai pH cenderung konstan. Pada pengolahan, semakin lama waktu tinggal, semakin tinggi kerja eceng gondok dan mikroorganisme sehingga mencapai titik tertinggi.

Daftar Pustaka

- Agung, L. 2016. Penambahan Kitosan sebagai Pretreatment untuk Pendegradasian Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit (LCPMKS) dalam Reaktor Upflow Anaerobic Filter (UAF) Menggunakan Feses Sapi sebagai Campuran Activator. *Penelitian Program Sarjana*. Lampung.
- Dwijayanti, N.A., Suprihatin, I.E., & Putra, I. D. 2016. Fitoekstraksi Cu, Cr dan Pb Limbah Tekstil dengan Tumbuhan Kiambang (*Pistia stratiotes* L.). *Jurnal Kimia*, 10(2): 275-280.
- Felani, M., & Hamzah, A. 2007. Fitoremediasi Limbah Cair Industri Tapioka dengan Tanaman Enceng Gondok. *Buana Sains*, 7(1): 11-20.
- Idris, M.K. 2012. Efektivitas Penyerapan Karbondioksida (CO₂) oleh Fitoplankton (*Chaetoceros* sp.) pada Fitobioreaktor. *Skripsi Program Sarjana*. Bogor.
- Indarto, K.E. 2010. Produksi Biogas Limbah Cair Industri Tapioka melalui Peningkatan Suhu dan Penambahan Urea pada Perombakan Anaerob. *Skripsi Program Sarjana*. Semarang
- Hatmanti, A. 2000. Pengenalan *Bacillus Spp*. Jakarta:Gramedia.
- Novita, A.N. & Murdiyatmo. 2006. Partial Characterization of Crude Protease Extracted from *Bacillus amyloliquefasciens* NRRL B-14396. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 7(2): 96-105.
- Prayudi, T. & Susanto, J. P. 2000. Chitosan sebagai Bahan Koagulan Limbah Cair Industri Tekstil. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(2):121-125.
- Reddy, N., Nimmagadda, A., & Rao, K. 2003. An Overview of Themicrobial α -Amilase Family. *African Journal of Biotechnology*, 2(12): 645-648.
- Sholikhah, A. & Damajanti, N. 2015. Pengolahan Air Limbah Tapioka dengan Metode Koagulasi Menggunakan Koagulan Kitosan. *Prosiding SENATEK*, ISBN:978-602-14355-0-2.
- Stefhany, C.A., Sutisna M., & Pharmawati K.T. 2013. Fitoremediasi Phospat dengan Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (Laundry). *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, 1(1): 13-23
- Sungkowo, T. H., Elystia, S., & Andesgur, I. 2015. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Typha Latifolia* dan Eceng Gondok dengan Metode Fitoremediasi. *JOM FTEKNIK*, 2(2): 1-8.

- Suwondo, W.S. & Anshar S. 2014. Degradasi Limbah Cair Kelapa Sawit dengan Penambahan Bakteri Rizosfir *Actinomyces* dan Tanaman *Typha angustifolia* dengan Model *Constructed Treatment Wetland* (CTW). *Jurnal Biogenesis*, 11(1): 55-60.
- Welhelmus, Y.H., Suastuti, D.A., Suprihatin, I., & Sulihingtyas, W.D. 2017. Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Encang Gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk Menurunkan COD dan Kandungan Cu dan Cr Limbah Cair Laboratorium Analitik Universitas Udayana. *Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*, 5(2): 137-144.
- Wizna, M. & Deswan. 2014. Pengaruh Dosis Inokulum dan Lama Fermentasi Campuran Dedak Padi dan Darah dengan *Bacillus Amyloliquefanciens* terhadap Kandungan Serat Kasar, Kecernaan Serat Kasar dan Energi Metabolisme . *Jurnal Peternakan Indonesia*, 16(2): 128-133.