KAJI ULANG SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI HASIL PERIKANAN SECARA BIOLOGIS DENGAN LUMPUR AKTIF

Bustami Ibrahim[1]

ABSTRAK

Industri pengolahan hasil perikanan mengkonsumsi air mencapai 20m^3/ton produk yang dihasilkan tergantung pada teknologi yang digunakan, jenis ikan yang diproses dan produk yang dihasilkan. Limbah cair yang dihasilkannya mengandung bahan organik yang tinggi dengan beban mencapai 20 kg BOD/ ton. Beban limbah yang tertinggi berasal dari industri pengalengan dan pembuatan tepung ikan (*fishmeal*). Limbah yang baru diolah bertujuan untuk menyisihkan beban organik, belum mencapai penyisihan total nitrogen yang terkandung didalamnya. Kandungan nitrit dan nitrat yang masih tinggi akan menurunkan kualitas badan air penerima. Teknologi pengolahan limbah cair perikanan dengan kombinasi proses aerobik dan anoksik menjadi pilihan yang baik dikembangkan untuk penyisihan nitrogen yang ada di dalam limbah.

Keyword: Industri perikanan, limbah cair, lumpur aktif.

PENDAHULUAN

Berkembangnya agroindustri hasil perikanan selain membawa dampak positif yaitu sebagai penghasil devisa, memberikan nilai tambah dan penyerapan tenaga kerja, juga telah memberikan dampak negatif yaitu berupa buangan limbah. Limbah hasil dari kegiatan tersebut dapat berupa limbah padat dan limbah cair.

Terlepas dari usaha-usaha untuk mendaur ulang (*recycle*) dan penggunaan ulang (*re-use*) limbah sisa produksi tersebut, limbah cair yang dibuang ke badan air masih mengandung nutrien organik yang cukup tinggi. Kandungan nutrien organik yang tinggi ini apabila berada dalam badan air akan menyebabkan eutrofikasi pada perairan umum, yang kemudian akan menyebabkan kematian organisme yang hidup dalam air tesebut, pendangkalan, penyuburan ganggang dan bau yang tidak nyaman.

Masalah pencemaran lingkungan akibat limbah industri pertanian termasuk industri perikanan sudah lama diwaspadai. Pemerintah Indonesia sudah mulai bersikap tegas dengan dikeluarkannya peraturan bahwa semua industri di Indonesia

---

[1] Staf Pengajar Departemen Teknologi Hasil Perairan FPIK IPB

harus menangani limbahnya terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan bebas. Hal ini telah diatur dalam beberapa peraturan yaitu: PP No. 20/1990 tentang pengendalian pencemaran air; SK Menteri KLH tahun1988 dan beberapa peraturan daerah masing-masing.

Untuk memenuhi persyaratan ini perlu dipilih metode penanganan limbah yang tepat dan cocok dengan sifat limbah industri yang bersangkutan. Oleh karena itu karakteristik limbah yang akan diberi perlakuan (*treatment*) perlu diketahui terlebih dahulu. Sifat-sifat limbah industri pengolahan buah dan sayuran akan berbeda dengan industri pengolahan daging sapi, unggas, susu dan hasil laut/perairan.

Kaji ulang ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui sampai seberapa jauh limbah cair industri perikanan berpotensi dalam mencemari lingkungan, teknologi yang digunakan untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan dan kemungkinan pengembangannya sesuai dengan kemajuan penelitian yang sudah dicapai.

KARAKTERISTIK LIMBAH CAIR PERIKANAN

Limbah cair industri perikanan mengandung bahan organik yang tinggi. Tingkat pencemaran limbah cair industri pengolahan perikanan sangat tergantung pada tipe proses pengolahan dan spesies ikan yang diolah.

Menurut River *et al.,* (1998) jumlah debit air limbah pada efluen umumnya berasal dari proses pengolahan dan pencucian. Setiap operasi pengolahan ikan akan menghasilkan cairan dari pemotongan, pencucian, dan pengolahan produk. Cairan ini mengandung darah dan potongan-potongan kecil ikan dan kulit, isi perut, kondensat dari operasi pemasakan, dan air pendinginan dari kondensor.

Selanjutnya River *et al.,* (1998) menyatakan bahwa bagian terbesar kontribusi beban organik pada limbah perikanan berasal dari industri pengalengan dengan beban COD 37,56 kg/m^3, disusul oleh industri pengolahan fillet ikan salmon yang menghasilkan beban limbah 1,46 kg COD/m^3. Kemudian industri krustasea dengan beban COD yang kecil. Perbandingan beban organik yang disumbangkan oleh industri pengalengan, pemfiletan salmon dan krustasea adalah 74,3%, 21,6% dan

4,1%. Peneliti yang lain juga melaporkan hal yang sama dengan indikator beban pencemar organik yang lain yang berasal dari industri pengolahan perikanan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Beban pencemaran limbah cair industri perikanan

Jenis Industri	**BOD**	**COD**	**Lemak/ Minyak**	**Padatan Tersuspensi**
Pengolahan Ikan (manual)[1)]	3,32 kg/t	-	0,348 kg/t	1,42 kg/t
Pengolahan ikan (mekanis) [1)]	11,9 kg/t	-	2,48 kg/t	8,92 kg/t
Pemiletan herring[1)]	3428–10000 mg/l	-	857-6000 mg/l	-
Pengalengan tuna[1)]	6,8–20 kg/t	14-64 kg/t	1,7-13 kg/t	3,8-17 kg/t
Pengolahan *sardine*[1)]	9,22 kg/t		1,74 kg/t	5,41 kg/t
Pengolahan rajungan[1)]	4,8–5,5 kg/t	7,2-7,8 kg/t	0,21-0,3 kg/t	0,7-0,78 kg/t
Pengolahan kerang (mekanis) [1)]	5,14 kg/t	-	0,145 kg/t	10,2 kg/t
Pengolahan kerang (konvensional) [1)]	18,7 kg/t	-	0,461 kg/t	6,35 kg/t
Pabrik tepung ikan (*fishmeal*) [1)]	2,96 kg/t	-	0,56 kg/t	0,92 kg/t
Bloodwater (*fishmeal*) [1)]	23500–34000 mg/l	93000 mg/l	0%-1,92%	-
Stickwater (*fishmeal*) [1)]	13000–76000 mg/l	-	60-1560 mg/l	-
Udang Beku[2)]	160 mg/l	1780 mg/l	-	-

Sumber : [1)]Gonzales (1996); [2)] Hayati (1998)

Dalam beban cemaran organik yang tinggi terkandung senyawa nitrogen yang tinggi yang merupakan protein larut air setelah mengalami *leaching* selama pencucian, defrost dan proses pemasakan (Battistoni *et al.*, 1992; Mendez *et al.*, 1992; Veranita, 2001). Limbah cair ini dikeluarkan dalam jumlah yang tidak sama setiap harinya. Pada waktu tertentu dalam jumlah yang banyak tetapi encer terutama mengandung protein dan garam. Pada waktu yang lain dikeluarkan limbah cair dalam jumlah sedikit tetapi pekat yang mengandung protein dan lemak. Beban limbah cair tersebut berbeda-beda tergantung jenis pengolahannya. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah pemanfaatan dan pengeluaran air dalam Industri pengolahan hasil-hasil perikanan

Jenis	Pembekuan	Pengolahan Umum	Pengalengan	Tepung Ikan/ Minyak Ikan	Jumlah
Jumlah fasilitas	25	136	6	11	178
Bahan yang diolah (ton/hari) (A)	725	983	161	325	2.194
Air yang diperlukan (m^3/hari)	11.250	15.165	868	3.088	30.371
Air yang dikeluarkan (m^3/hari) (B)	10.833	14.619	858	3.070	29.380
Jumlah limbah cair per setiap ton bahan (m^3/t) (B/A)	14,9	14,9	5,3	9,4	13,14

Sumber: *Overseas Fishery Cooperation Foundation* (1987)

Penyisihan Nutrien Secara Biologis

Tujuan pengolahan limbah cair secara biologis adalah menurunkan komponen terlarut, khususnya senyawa organik sampai pada batas yang aman terhadap lingkungan dengan memanfaatkan mikroba dan/atau tanaman. Dalam rangka menyisihkan bahan organik yang terlarut, mikroorganisme yang ada akan menggunakan bahan organik sebagai nutrien bagi pertumbuhannya menjadi sel-sel baru dan karbondioksida. Proses biotransformasi terjadi dalam berbagai macam cara sesuai dengan mikroorganisme yang berperan didalamnya, misalnya jenis mikroba autotrof atau heterotrof (Loosdrecht dan Jetten, 1998). Secara konvensional pengolahan limbah cair mencapai sukses menurunkan BOD dan COD, meskipun penyisihan senyawa nutrien (nitrogen dan fosfor) masih terus dicarikan model dan cara yang efisien (Grady dan Lim, 1980; Henze *et al.*, 1987; Metcalf dan Eddy, 1991; Park *et al.*, 2001).

Menurut Loosdrecht dan Jetten (1998) akhir-akhir ini penyisihan nitrogen dalam proses pengolahan limbah cair menjadi aspek yang sangat penting. Jumlah nitrogen dengan konsentrasi yang tinggi dalam limbah cair dapat memungkinkan terjadi reaksi yang sangat beragam. Banyaknya keragaman ini telah membangkitkan konsep-konsep baru proses-proses tentang oksidasi amonium dan reduksi nitrat/nitrit yang telah berlangsung sejak lama (Winogradsky, 1890 dan Breal, 1892 *dalam* Loosdrecht dan Jetten, 1998). Proses-proses baru tentang denitrifikasi aerobik, nitrifikasi heterotrofik dan oksidasi ammonium anaerobik menjadikan evaluasi konversi senyawa nitrogen menjadi lebih kompleks.

Secara konvensional proses nitrifikasi adalah merupakan aktivitas mikroorganisme autotrof atau mixotrof. Proses ini terjadi melalui oksidasi ammonium menjadi nitrit dan selanjutnya menjadi nitrat. Telah diketahui banyak jenis mikroba nitrifikasi yang berperan didalamnya, tetapi tidak satupun yang dapat merubah langsung ammonium menjadi nitrat. Proses oksidasi ammonium menjadi nitrit dilakukan oleh *Nitrosomonas sp*, dan oksidasi nitrit dilakukan oleh *Nitrobacter sp* (Grady dan Lim, 1980; Henze *et al.*, 1987; Metcalf dan Eddy, 1991; Loosdrecht dan Jetten, 1998). Sedangkan proses denitrifikasi adalah proses reduksi senyawa nitrat menjadi gas nitrogen. Kebanyakan studi tentang denitrifikasi oleh bakteri denitrifikasi heterotrof menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan nitrat sangat dipengaruhi oleh ketersediaan dan jenis sumber karbon sebagai donor elektron dalam proses reduksi nitrat (Grady dan Lim, 1980; Zayed dan Winter, 1998; Mansell dan Schroeder, 1999; Brdjanovic *et al.*, 2000; Battistoni dan Fava, 1995).

Berdasarkan pengamatan-pengamatan di lapangan dan laporan penelitian disebutkan adanya proses penyisihan N yang telah terjadi secara non-konvensional, misalnya terjadinya nitrifikasi heterotrofik dan denitrifikasi aerobik (Loosdrecht dan Jetten, 1998). Proses oksidasi amonium oleh bakteri heterotrof membutuhkan energi, yang menyebabkan penurunan koefisien *yield* (kondisi ini bertolak belakang dengan nitrifikasi autotrof). Hal ini terjadi pada *Thiosphaera pantotropha* (Robertson dan Kuenen, 1990 dan Patureau *et al.*, 1994 *dalam* Loosdrecht dan Jetten, 1998). Proses denitrifikasi aerobik telah dilaporkan terjadi pada saat COD/N lebih dari 10 (Robertson, 1990 *dalam* Loosdrecht dan Jetten, 1998). Hal ini masih menjadi perdebatan, karena kondisi ini bukanlah kondisi yang normal. Akan tetapi apabila denitrifikasi aerobik terjadi dalam proses lumpur aktif maka dapat dijelaskan dimana dalam kondisi oksigen yang terbatas organisme melakukan respirasi oksigen dan nitrat dalam waktu yang bersamaan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sesungguhnya flok lumpur aktif berkondisi anaerobik sebagian, sehingga dapat dikatakan bahwa proses ini merupakan denitrifikasi normal (Loosdrecht dan Jetten, 1998).

Secara teoritis ammonium dapat dioksidasi dengan cara berperan sebagai elektron donor dalam reaksi denitrifikasi. Energi bebas dalam reaksi ini sebanding dengan energi dari proses nitrifikasi. Sehingga dalam proses denitrifikasinya tidak membutuhkan senyawa organik lain. Proses ini disebut juga dengan *anaerobic ammonium oxidation* (Anammox) (Jetten et al, 1997b *dalam* Loosdrecht dan Jetten, 1998). Proses *Anammox* memiliki kapasitas mengkonversi ammonium mencapai 2,4 kg NH_4-N/m^3.hari atau 4,8 kg N-total/m^3.hari.

Pilihan teknologi dan implementasi pengolahan biologis secara anaerobik

Pengolahan dengan cara anaerobik telah digunakan sejak lama untuk menurunkan nilai BOD/COD yang tinggi. Metode ini digunakan untuk mengolah limbah cair pengolahan cumi-cumi, dan berhasil menurunkan BOD secara nyata mencapai 80% dengan laju peningkatan lumpur yang tinggi juga (Park *et al.*, 2001). Balslev-Olesen *et al.* (1990) dan Mendez *et al.* (1992) mendapatkan efisiensi penyisihan COD mencapai 75-80% dari limbah pengalengan tuna dan kerang dengan beban limbah organik 4 kg/m^3.hari. Kelebihan dari pengolahan limbah dengan anaerobik :1) tidak diperlukan penambahan nutrien, 2) ammonia yang diperoleh dari perombakan senyawa kaya protein menyebabkan peningkatan alkalinitas dan membuat sistem menjadi lebih stabil bila terjadi kelebihan beban organik. Berdasarkan hasil studi proses anaerobik yang telah dilakukan, tidak ada yang melaporkan adanya penyisihan nitrogen. Pengolahan dengan anaerobik merupakan hasil dari beberapa reaksi yaitu: beban organik dalam limbah dikonversi menjadi bahan organik terlarut yang kemudian dikonsumsi oleh bakteri penghasil asam, kemudian menghasilkan asam lemak mudah menguap, karbondioksida dan hidrogen. Senyawa yang dihasilkan ini kemudian dikonsumsi oleh bakteri penghasil metana, yang kemudian menghasilkan produk akhir gas metana dan karbondioksida. Proses-proses ini dianjurkan untuk diterapkan pada limbah yang mengandung beban organik yang tinggi (misalnya: *bloodwater* dan *stickwater*) (Gonzales, 1996).

Pengolahan Biologis Dengan Aerobik

Pengolahan biologis limbah cair perikanan secara aerobik dapat dilakukan dengan sistem sebagai berikut: sistem lumpur aktif, kolam aerasi, dan sistem media pertumbuhan (*trickling filter* dan *rotating disk contactor*).

Pada semua sistem lumpur aktif, pengadukan memegang peranan yang penting dalam menjaga keseragaman dan kestabilan kelarutan bahan organik, oksigen dan mencegah pengendapan lumpur aktif. Pada industri perikanan gangguan kestabilan terjadi pada saat puncak konsentrasi organik dan aliran tertinggi dalam influen. Penyisihan bahan organik pada sistem ini bisa mencapai 85 – 95% (Gonzales, 1996). Waktu tinggal hidrolik yang dibutuhkan rata-rata 3-6 jam dan waktu tinggal sel berkisar antara 3 dan 15 hari (Gonzales, 1996). Berbagai ragam kondisi yang dihasilkan untuk mencapai hasil yang maksimum disebabkan banyaknya faktor yang mempengaruhi proses dengan lumpur aktif. Penelitian telah banyak dilakukan untuk mencari kondisi optimal dari berbagai faktor yang mempengaruhinya, misalnya kelarutan oksigen, rasio *Food/Microorganism* (rasio F/M), interaksi kandungan mineral dan lumpur dalam pengendapan lumpur. (Argaman, 1981; Casey *et al.*, 1992; Piirtola *et al.*, 1999).

Kolam aerasi saat ini paling banyak diterapkan oleh industri perikanan, karena paling sederhana dan dianggap murah. Akan tetapi kualitas limbah yang dihasilkan tidak menjamin sesuai dengan baku mutu yang ditentukan dan sulit untuk dikendalikan. Shipin *et al.* (1999) telah menghasilkan cara yang baik dalm mengintegrasikan antara sistim kolam dan lumpur aktif untuk penyisihan nitrogen melalui peningkatan proses nitrifikasi dengan meningkatkan kemampuan flokulasi dari simbiose antara bakteri nitrifier dan algae.

Sementara teknologi pengolahan dengan lumpur aktif membutuhkan biaya yang relatif mahal untuk industri skala kecil, maka saat ini perkembangan diarahkan pada pengolahan yang dapat mengkondisikan terjadinya reaksi anaerobik dan aerobik sekaligus. *Trickling* adalah salah satu cara yang telah dicobakan pada limbah cair perikanan. Pada limbah cair pengolahan cumi-cumi diperoleh penyisihan BOD sampai 87% dengan beban 3,5 lb BOD/1000 ft media/hari (Parker *et al.*, 2001). Menurut Battistoni *et al.* (1992) pada penelitian terhadap berbagai jenis ikan, efisiensi penyisihan akan meningkat bila beban limbah menurun.

Dalam memilih teknologi aerobik yang akan digunakan tergantung beberapa aspek, yaitu luas lahan yang tersedia, kemampuan beroperasi berkala (intermitten) dengan pertimbangan bahwa industri perikanan beroperasi secara musiman, kemampuan dan ketrampilan SDM, dan biaya (termasuk biaya investasi dan biaya operasi. Beberapa pertimbangan mendasar untuk memilih sistem aerobik menurut Gonzales (1996) seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan proses aerobik

(a) Karakteristik Operasional			
Sistem	Ketahanan terhadap Kejutan Limbah Organik atau Toksik	Sensitivitas Terhadap Operasi Berkala	Tingkat Ketrampilan
Kolam	Maksimum	Minimum	Minimum
Trickling Filters	Sedang	Sedang	Sedang
Lumpur Aktif	Minimum	Maksimum	Minimum
(b) Pertimbangan Biaya			
Sistem	Kebutuhan Lahan	Biaya Awal	Biaya Operasi
Kolam	Maksimum	Minimum	Minimum
Trickling Filters	Sedang	Sedang	Sedang
Lumpur Aktif	Minimum	Maksimum	Maksimum

Sumber: Gonzales (1996)

KESIMPULAN

Limbah cair industri perikanan mengandung bahan organik yang tinggi dan sangat bervariasi antara satu industri dengan industri yang lain tergantung pada teknologi yang digunakan, jenis ikan yang diolah dan jenis produk yang dihasilkan.

Kontribusi kandungan beban limbah yang terbesar berasal dari industri pengalengan dan pengolahan tepung ikan. Pengolahan limbah cair industri perikanan yang selama ini banyak menggunakan sistem kolam aerasi perlu ditingkatkan dengan menggunakan teknologi lain, dalam rangka menyisihkan kandungan nitrogen secara total dalam air limbah tidak hanya mengkonversi nitrogen organik dan ammonia menjadi nitrat (penurunan beban organik).

Dalam memilih teknologi pengolahan limbah cair perlu dipertimbangkan beberapa aspek (lahan, SDM, kemampuan UPL menyesuaikan dengan irama produksi industri), karena setiap industri memiliki kemampuan yang berbeda-beda.

DAFTAR PUSTAKA

Argaman, Y. 1981. Design and Performance Charts for Single Sludge Nitrogen Removal Systems. Wat. Res.15:841-847.

Balslev-Olesen, P., A Lynggaard, C Nikelsen. 1990. Pilot-Scale Experiments on Anaerobic Treatment of Wastewater from a Fish Processing Plant. Wat. Sci. Tech. 22: 463-474.

Battistoni P, G Fava, A Gato. 1992. Fish Processing Wastewater: Emission Factors and High Load Trickling Filters Evaluation. Wat Sci Tech Vol. 25(1): 1-8.

Battistoni P dan G Fava. 1995. Fish Processing Wastewater: Production of Internal Carbon Source for Enhanced Biological Nitrogen Removal. Wat Sci Tech Vol. 32(9): 293-302.

Brdjanovic D, MCM Van Loosdrecht, P Versteeg, CM Hooijmans, GJ Alaert, JJ Heijnen. 2000. Modelling COD, N and P Removal in A Full-Scale WWTP Haarlem Waarderpolder. Wat Res Vol. 34 (3): 846-858

Casey, TG., MC Wentzel, RE Loewenthal, GA Ekama, GvR Marais. 1992. A Hypothesis for The Cause of Low F/M Filament Bulking in Nutrient Removal Activated Sludge Systems. Wat. Res. Vol 26(6):867-869.

Gonzales, JF. 1996. Wastewater Treatment in The Fishery Industry. FAO Fisheries Technical Paper, No. 355. Rome, FAO.

Grady, C. P. L.Jr.; dan H. Lim. 1980. Biological Wastewater Treatment. Theory and Applications. Marcel Dekker Inc., New York.

Hayati, M. 1998. Mempelajari Proses Produksi Udang Beku dan Pengolahan Limbah di PT. Kalimantan Fishery. Laporan Praktek Lapang, Jurusan TIN Fateta IPB. Bogor.

Henze, M; Grady, CPL; Jr-Gujer, W; Marais, GVR dan Matsuo, T. 1987. A General Model For Simple Sludge Waste Water Treatment Systems. Wat. Res. 21(5); 505-515.

Loosdrecht, VMCM dan MSM Jetten. 1998. Microbiological Conversion in Nitrogen Removal. Wat. Sci. Tech. 38 (1), 1-7

Mansell B O dan E D Schroeder. 1999. Biological Denitrification in A Continous Flow Membran Reactor. Wat. Res 33 (8), 1845-1850

Park E, R Enander, SM Barnet, C Lee. 2001. Pollution Prevention and Biochemical Oxygen Demand Reduction in a Squid Processing Facility. Jour of Cleaner Production 9, 341-349.

Mendez R, F Omil, M Soto, JM Lema. 1992. pilot plant studies on the anaerobic treatment of different wastewaters from A fish-canning factory. Wat Sci Tech Vol. 25 (1): 37-44.

Metcalf dan Eddy. 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse. 3rd ed. Singapore: Mc Graw Hill Inc.

Overseas Fishery Cooperation Foundation. 1987. Pengolahan Hasil-hasil Perikanan II. Akasaka. Tokyo, Japan.

Piirtola, L., B Hultman, C Anderson, Y Lundeberg. 1999. Activated Sludge Ballasting in Batch Tests. Wat. Res. 13(8):1799-1804.

River, L; E. Aspe; M. Roeckel dan M. C. Marti. 1998. evaluation of clean technology process in the marine product processing industry. J. Chem. Technol. Biotechnol., 73, 217-226.