



Limbah Cair Tapioka, Pencemaran, dan Teknik Pengolahannya

Tapioca Waste Water, Contamination and Processing Technique

Herna Octivia Damayanti^{1) a)*}, Metachul Husna^{1) a)}, Dicky Harwanto^{1) a)}

¹⁾Manajemen Sumber Daya Perairan Universitas Diponegoro

^{a)}Jl. Prof. Sudarto No. 13, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

*Email: octivia85@gmail.com

Naskah Masuk: 9 Januari 2021

Naskah Revisi: 27 Maret 2021

Naskah Diterima: 12 April 2021

ABSTRACT

The tapioca industry is one type of agro-industry that is widely developed in Indonesia. The problem that often arises due to the presence of the tapioca industries is waste pollution, especially liquid waste. Tapioca liquid waste is immediately disposed of into the river flows without any treatment process. The purpose of this paper is to provide an overview of the impact caused by the disposal of tapioca liquid waste, especially on the aquaculture environment and alternative processing technology. The research method is literature study. Tapioca liquid pollution increases the death vulnerability the biota in the ponds, namely shrimp and milkfish. The danger of tapioca liquid waste pollution can be minimized by treating the disposed liquid waste properly. Several alternatives of wastewater treatment that can be applied to minimize the impact of pollution caused by tapioca liquid waste are (1) ultrafiltration membranes can separate suspended solids; ABR (Anaerobic Baffled Reactor) and UAF (Up-flow Anaerobic Filter) systems can reduce COD concentrations; photo-catalysts can reduce COD concentrations; phytoremediation with water hyacinth can reduce BOD, COD, and CN concentrations and increase pH of tapioca waste water; and batch sequencing reactor shows efficiency of removing HCN, BOD, COD, turbidity, sodium, magnesium, and calcium.

Keywords: aquaculture pond, contamination, processing, river, tapioca waste water

ABSTRAK

Industri tapioka merupakan salah satu jenis agroindustri yang banyak berkembang di Indonesia. Permasalahan yang sering timbul dari industri tapioka adalah pencemaran limbah, terutama limbah cair. Limbah cair tapioka langsung dibuang ke aliran sungai tanpa melewati proses pengolahan terlebih dahulu. Tujuan dari penulisan ini adalah memberikan gambaran mengenai dampak yang ditimbulkan oleh adanya pembuangan limbah cair tapioka khususnya terhadap lingkungan pertambakan serta alternatif teknologi pengolahannya. Metode yang digunakan adalah studi pustaka. Pencemaran limbah cair tapioka mengakibatkan kerawanan kematian biota yang dibudidayakan di tambak, yaitu udang dan bandeng. Bahaya pencemaran limbah cair tapioka dapat diminimalisir dengan melakukan pengolahan terhadap limbah cair yang dibuang. Beberapa alternatif pengolahan limbah cair untuk meminimalisir dampak pencemaran oleh limbah cair tapioka, yaitu (1) membran ultrafiltrasi, yang dapat memisahkan padatan tersuspensi; (2) sistem ABR (Anaerobic Baffled Reactor) dan sistem UAF (Upflow Anaerobic Filter, yang dapat menurunkan konsentrasi COD; (3) fotokatalis, yang dapat menurunkan konsentrasi COD; (4) fitoremediasi dengan eceng gondok, yang mampu menurunkan konsentrasi BOD, COD, dan CN serta meningkatkan pH limbah cair tapioka; dan (5) sistem SBR (Sequencing Batch Reactor) menunjukkan efisiensi pembuangan HCN, BOD, COD, kekeruhan, sodium, magnesium, dan kalsium.

Kata kunci: tambak, pencemaran, pengolahan, sungai, limbah cair tapioka

PENDAHULUAN

Industri tapioka merupakan salah satu jenis agroindustri yang banyak berkembang di Indonesia, baik dalam skala rumah tangga, kecil, menengah, maupun skala yang besar. Mayoritas industri tapioka merupakan industri

dengan skala rumah tangga sampai skala kecil (Astuti, 2012). Walaupun industri tapioka mampu meningkatkan perekonomian masyarakat, namun industri ini tidak luput dari permasalahan terutama masalah pembuangan limbah. Industri dengan skala rumah tangga dan kecil biasanya tidak dilengkapi dengan

instalasi pengolahan air limbah. Limbah tapioka yang berbentuk cair akan langsung dibuang ke aliran sungai tanpa melewati proses pengolahan terlebih dahulu dan menimbulkan dampak kerusakan lingkungan (Hariyanto & Larasati, 2016).

Salah satu wilayah yang mempunyai *cluster* industri tapioka potensial berada di Kecamatan Margoyoso, Kabupaten Pati. Industri dengan bahan baku ubi kayu ini memiliki potensi cukup besar untuk dikembangkan. Hal ini dapat dilihat dari lahan yang dipanen untuk tanaman ubi kayu di Kabupaten Pati seluas 15.319 ha, mencakup sekitar 25,83% dari luas total lahan pertanian 59.299 ha. Sementara itu, untuk Kecamatan Margoyoso, lahan panen ubi kayu seluas 1.300 ha atau 8,49% dari total luas lahan panen ubi kayu (Badan Pusat Statistik Kabupaten Pati, 2020a; 2020b). Industri tapioka Kecamatan Margoyoso mayoritas berada di Desa Ngemplak Kidul. Pada umumnya, industri tersebut membuang limbah sisa produksinya berupa limbah cair ke aliran Sungai Suwatu tanpa melalui proses pengolahan. Aktivitas tersebut menyebabkan terjadinya pencemaran di sepanjang aliran Sungai. Hasil penelitian Astuti (2012) menyatakan bahwa status mutu air Sungai Suwatu dalam kategori tercemar berat.

Pencemaran akibat limbah cair tapioka mengandung racun yang berbahaya bagi kehidupan organisme (Ugwu & Agunwamba, 2012). Pencemaran yang terjadi di sungai dapat mengakibatkan kematian ikan karena air sungai mengandung asam sianida (HCN) yang sifatnya beracun (Karakaro, 2014). Pencemaran yang terjadi di sungai juga berdampak terhadap sektor perekonomian masyarakat terutama pertanian dan perikanan. Dampak terbesar dirasakan oleh masyarakat yang berada di bagian hilir sungai yang merupakan desa pesisir. Perikanan budi daya menjadi sektor yang paling terdampak dengan adanya pencemaran sungai akibat limbah cair industri tapioka, mengingat mayoritas lahan di desa pesisir digunakan sebagai pertambakan. Hariyanto & Larasati (2016) menyatakan bahwa pembuangan limbah tapioka ke sungai

mengakibatkan tercemarnya air tambak sehingga usaha budi daya udang dan bandeng mengalami kerugian.

Lingkungan pertambakan di daerah hilir sungai, salah satunya di Desa Bulumanis Kidul, Kecamatan Margoyoso menjadi sangat rentan. Limbah cair tapioka tidak hanya mencemari sungai, tetapi juga perairan laut di sekitarnya. Penelitian tentang pencemaran air laut akibat limbah cair tapioka masih sangat minim dilakukan. Namun demikian, disampaikan dalam penelitian Damayanti (2013) bahwa kondisi air laut di pantai Bulumanis Kidul telah tercemar sedang. Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan dari penulisan ini adalah memberikan gambaran mengenai dampak yang ditimbulkan oleh adanya pembuangan limbah cair tapioka khususnya terhadap lingkungan pertambakan serta alternatif teknologi pengolahannya.

Limbah Cair Industri Tapioka

Industri tapioka menggunakan bahan baku ubi kayu dan memiliki potensi besar untuk menembus pasar domestik dan internasional. Pemrosesan ubi kayu menjadi tepung tapioka membutuhkan air sebanyak 6-9 m³ untuk mengolah 1 ton ubi kayu (Sarajar, Ramadhania, & Purwanto, 2018). Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah padat dapat digunakan sebagai pakan ternak, sedangkan limbah cair biasanya akan langsung dibuang ke aliran sungai. Andareswari, Hariyadi, & Yulianto (2019) menyatakan bahwa karakteristik limbah cair tapioka, yaitu berwarna putih kekuningan; mengandung TSS (*Total Suspended Solid*); BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) tinggi; COD (*Chemical Oxygen Demand*) tinggi, pH rendah; serta sedikit kandungan sianida. Karakteristik tersebut telah melebihi baku mutu yang ditetapkan.

Selanjutnya, limbah cair tapioka berwarna putih. Bau air limbah tapioka khas seperti ubi kayu, namun lama-kelamaan akan berubah menjadi menyengat. Padatan tersuspensi berkisar 1.500-5.000 mg/l. pH limbah cair tapioka berkisar 4-5,5; namun ketika limbah cair masih segar, pH berkisar 6-6,5.

COD berkisar antara 4.000-30.000 mg/l, sementara BOD berkisar antara 3.000-6.000 mg/l (Prayitno, 2008; Andareswari *et al.*, 2019; Azizah, Slamet, & Yuniarto, 2016; Soelaeman, Suryandari, & Agustina, 2000).

Zat khas yang terdapat pada limbah cair tapioka adalah sianida. Zat ini bersifat *toxic* atau beracun. Sarajar *et al.* (2018) menyebutkan bahwa zat racun pada limbah cair tapioka berupa *hydrocyan* atau HCN. Zat ini berasal dari daging umbi dan kulit singkong. Racun ini tidak berdiri sendiri tetapi terkait dalam rantai sianogenik glikosida yang mengandung glukosa, aseton, dan HCN.

Sarajar *et al.* (2018) juga menyebutkan bahwa limbah cair dari industri tapioka mengandung COD dan sianida yang relatif tinggi, yaitu 6.000-10.200 mg/l untuk COD dan 0,67 mg/l untuk sianida. Kandungan COD dan sianida dalam air limbah tapioka tersebut telah melebihi baku mutu limbah cair industri yaitu 400 mg/l untuk COD dan 0,5 mg/l untuk sianida (KLH, 1991). Tidak berbeda jauh, hasil penelitian Paramita, Yulianto, & Hartati (2006) menyebutkan bahwa limbah cair tapioka mempunyai kadar COD tinggi, yaitu sebesar 5.100-10.000 mg/l dan jika limbah cair tersebut dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu maka akan menyebabkan masalah lingkungan yang serius.

Pencemaran Limbah Cair Tapioka Terhadap Air Sungai

Pembuangan limbah cair ke sungai secara langsung berdampak pada penurunan mutu air sungai. Selain itu, pembuangan limbah cair juga dapat menimbulkan keresahan masyarakat karena bau busuk dan mengganggu kesehatan masyarakat. Hal tersebut seperti disampaikan oleh Priyono (2011) dalam penelitiannya terhadap kualitas air Sungai Ciliwung.

Agustira, Lubis, & Jamilah (2013) dalam penelitiannya di DAS Padang menyebutkan bahwa limbah cair industri tapioka umumnya mengandung padatan tersuspensi dalam bentuk kasar dan halus serta mengandung senyawa organik. Penelitian dilakukan pada tiga lokasi *outlet* pabrik. Hasil penelitian menunjukkan adanya kenaikan nilai parameter hingga melampaui baku mutu, yaitu lokasi

pertama dan kedua dengan pH 4,23-4,48 sedangkan lokasi ketiga memiliki TSS 793,3-880 mg/l dan COD 137-1.045 mg/l. Dari ketiga lokasi penelitian menunjukkan bahwa limbah cair tapioka berdampak pada penurunan mutu kualitas air sungai. Hal ini dibuktikan dengan pH, TSS, dan COD yang melampaui baku mutu yang ditetapkan.

Pencemaran sungai oleh limbah cair tapioka juga ditemukan di Sungai Silugonggo Kecamatan Margoyoso, Kabupaten Pati (Hariyanto & Larasati 2016). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa COD berkisar antara 9.707,80 mg/l di hulu hingga 4.142,60 mg/l di hilir. BOD berkisar antara 4.210,20 di hulu dan terus menurun hingga 198,45 mg/l di hilir. HCN berkisar antara 1,08 mg/l di hulu dan terus menurun hingga 0,31 mg/l di hilir. Klorin berkisar antara 4.210,20 mg/l di hulu dan terus menurun hingga 198,45 mg/l di hilir. Kondisi tersebut telah melebihi ambang batas yang diperbolehkan menurut Perda Provinsi Jawa Tengah No. 10 Tahun 2004, yaitu kadar COD 300 mg/l; BOD 150 mg/l; HCN 0,3 mg/l; dan klorin 150 mg/l.

Selanjutnya, penelitian oleh Astuti (2012) juga menemukan pencemaran limbah cair tapioka di Sungai Suwatu, Kecamatan Margoyoso, Kabupaten Pati. Berdasarkan penelitian tersebut dinyatakan bahwa konsentrasi BOD, COD, DO, TSS, dan CN di hulu sungai tidak memenuhi baku mutu air sesuai PP No. 82 Tahun 2001 Kelas III dan hanya pH dan klorin bebas yang memenuhi baku mutu. Kualitas air semakin menurun dan menunjukkan bawa keseluruhan parameter kualitas air yang diukur tidak memenuhi baku mutu air di titik tengah sungai. Sementara itu, pada bagian muara sungai, hanya CN yang memenuhi baku mutu air laut berdasarkan KepMen LH No. 51 Tahun 2004.

Selain meneliti kualitas air, Astuti (2012) juga melakukan perhitungan status mutu air dengan menggunakan indeks pencemaran sesuai dengan KepMen LH No. 115 Tahun 2003. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa Sungai Suwatu telah mengalami pencemaran dengan status mutu air tercemar sedang hingga tercemar berat. Hal tersebut menunjukkan besarnya dampak pembuangan limbah cair tapioka bagi lingkungan perairan yang dilaluinya.

Pencemaran Limbah Cair Tapioka Terhadap Pertambakan

Pencemaran sungai akibat limbah cair tapioka pada akhirnya akan berdampak pada lingkungan tambak. Hal ini dikarenakan sungai menjadi salah satu sumber air yang digunakan oleh petambak untuk mengisi kolam tambak. Apabila kondisi sumber air telah mengalami pencemaran, tentunya akan berakibat pada penurunan kualitas air tambak.

Tambak yang mengalami pencemaran akan mengalami penurunan kualitas air yang secara langsung berakibat pada kelangsungan hidup biota yang dibudi dayakan, seperti ikan atau udang. Penelitian Damayanti (2013) menyebutkan bahwa petambak di Desa Bulumanis Kidul menyatakan bahwa kondisi air tambak yang kurang baik memengaruhi hasil panen ikan. Selain itu, limbah cair tapioka juga mencemari muara Sungai Suwatu. Beberapa lahan tambak yang mengambil air irigasi dari muara sungai mengalami kematian ikan bandeng.

Pengambilan sampel air pada penelitian Damayanti (2013) tersebut dilakukan di hilir Sungai Suwatu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa bagian hilir sungai telah tercemar limbah cair tapioka. Berdasarkan hasil pengambilan sampel air, diduga parameter suhu, pH, amonia dan sulfida telah melampaui baku mutu baik optimum maupun standar yang menjadi penyebab kematian ikan. Suhu pada lokasi tersebut melebihi baku mutu, yaitu 32,7°C. pH tambak berkisar antara 8,8-9,3 juga melebihi baku mutu. DO memenuhi baku mutu, yaitu antara 3,56-4,14 mg/l. Amonia telah melampaui baku mutu, yaitu 0,14 mg/l. Nitrit pada lokasi kematian ikan memenuhi baku mutu, yaitu 0,004-0,013 mg/l. Namun demikian, parameter sulfida konsentrasinya sangat tinggi, yaitu 0,023 mg/l, melampaui baku mutu. Baku mutu yang digunakan berdasarkan pada baku mutu untuk budi daya tambak menurut PerMenPU No. 16 Tahun 2011, yaitu suhu 26-32°C; pH 7,5-8,7; DO 3-10 mg/l; amonia 0-1,0 mg/l; nitrit 0-0,25 mg/l; dan sulfida 0-0,001 mg/l.

Upaya Penanggulangan Pencemaran Limbah Cair Tapioka

Pencemaran akibat limbah cair tapioka terjadi karena limbah langsung dibuang tanpa

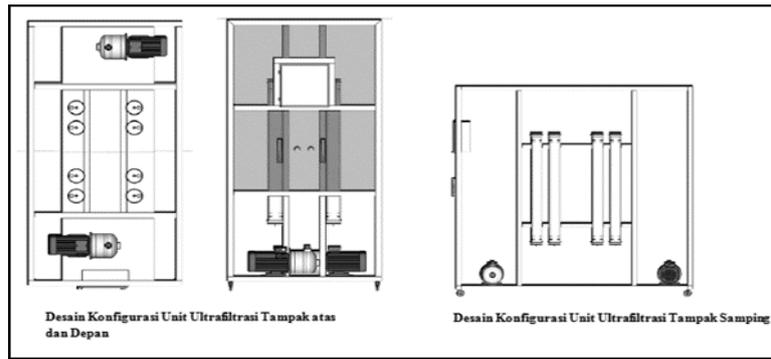
dilakukan pengolahan. Untuk mengurangi dampak pencemaran akibat limbah cair tapioka, perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum limbah tersebut dibuang. Berbagai alternatif pengolahan limbah cair tapioka dilakukan dalam rangka meminimalisir dampak pencemaran oleh limbah cair tapioka, diantaranya membran ultrafiltrasi; sistem ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*) dan UAF (*Upflow Anaerobic Filter*); fotokatalis; fitoremediasi; dan *Sequencing Batch Reactor* (SBR).

Membran Ultrafiltrasi

Pengolahan limbah cair tapioka dengan membran ultrafiltrasi bertujuan untuk memisahkan padatan tersuspensi dengan air. Membran ultrafiltrasi terbuat dari material polimer (Indriyani, Noviyani, & Mirwan, 2017). Filtrasi merupakan metode yang digunakan dalam proses pemisahan pada awal proses melalui celah dengan ukuran tertentu (Japonika, 2015)

Pengujian pengolahan limbah cair tapioka melalui membran ultrafiltrasi dilakukan oleh Prayitno (2008). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemisahan padatan tersuspensi sebesar 57% dengan selektifitas COD 70,49%. Selain itu, padatan total yang berhasil disaring berpotensi menjadi bahan baku pembuatan tepung tapioka yaitu 16,4 gr/liter pada musim kemarau dan 5,69 gr/liter pada musim penghujan. Hal ini secara tidak langsung dapat menurunkan pencemaran dan meringankan beban pengolahan air limbah berikutnya. Pada dasarnya, penggunaan membran ultrafiltrasi dapat digunakan untuk memurnikan air limbah (Pervov, Tikhonov, & Makisha, 2020). Membran ultrafiltrasi memungkinkan untuk menghilangkan beberapa polutan dari air dan secara bersamaan dapat menghilangkan beberapa polutan di bawah tekanan rendah (Nanjing University of Science and Technology, 2018).

Sulaeman (2018) dalam penelitiannya membuat sebuah desain unit ultrafiltrasi untuk memisahkan padatan tersuspensi yang terkandung dalam air. Desain unit ultrafiltrasi (Gambar 1) dapat digunakan sebagai acuan dalam pemisahan padatan tersuspensi, seperti limbah cair tapioka.



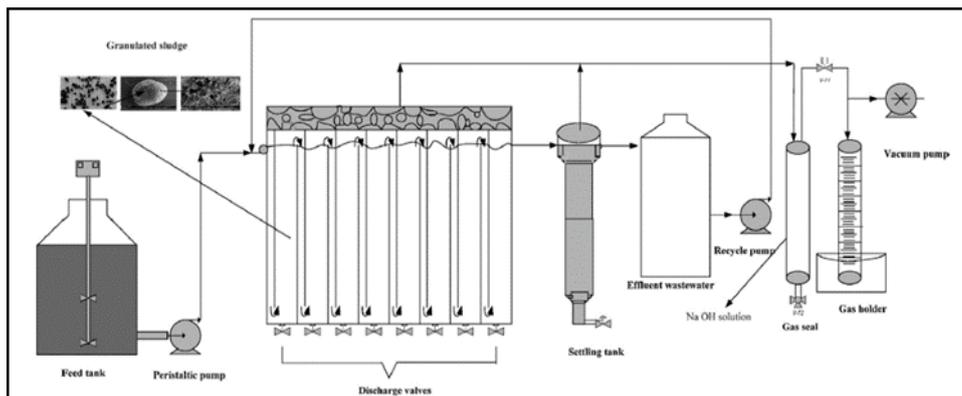
Gambar 1.
Desain Konfigurasi Unit Ultrafiltrasi
Sumber: Sulaeman (2018)

Sistem ABR (Anaerobic Baffled Reactor) dan Sistem UAF (Upflow Anaerobic Filter)

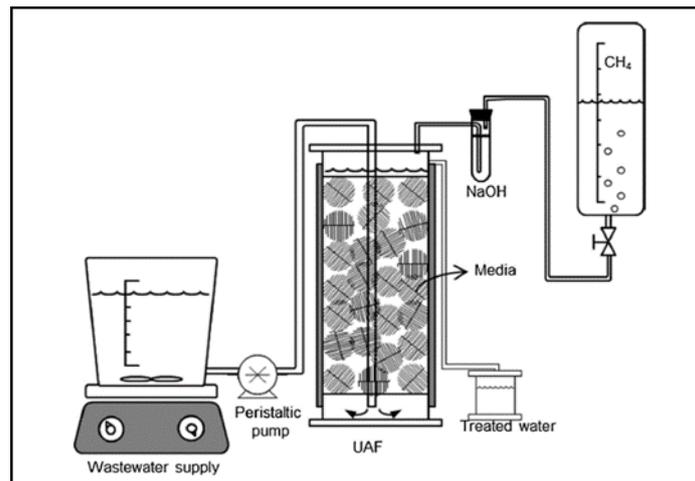
Pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan sistem ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*) dan sistem UAF (*Upflow Anaerobic Filter*). Sistem *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) merupakan sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara anaerobik dan memiliki kompartemen-kompartemen yang dibatasi oleh sekat vertikal (Krishna, Kumar, & Kumar, 2009; Hastuti, Nuraeni, & Darwati, 2017). Sistem UAF (*Upflow Anaerobic Filter*) adalah reaktor anaerobik yang mengandung teknologi penyekat dan filter untuk menciptakan mekanisme fisik (pengendapan) dan biologis (Handayani, Yuliasni, Setianingsih, & Budiarto, 2020; Lestari, 2017).

Djarwanti (2015) dalam penelitiannya melakukan perbandingan penerapan pengolahan air limbah tapioka dengan sistem ABR dan sistem UAF. Sistem ABR diterapkan di Sentra Sekalong dan sistem UAF diterapkan di Sentra Margoyoso. Pengkajian dari segi teknis dan ekonomis, sistem UAF layak menggantikan sis-

tem ABR dalam pengolahan air limbah industri tapioka. Hal ini dikarenakan waktu tinggal proses degradasi bahan organik sistem UAF lebih pendek sehingga volume bangunan lebih kecil, yang berdampak pada kebutuhan lahan menjadi lebih kecil. Untuk kapasitas 20 m³/hari, biaya konstruksi sistem UAF lebih murah 47,77% dibanding sistem konvensional menggunakan ABR. Sistem konvensional ABR dengan sekat menurunkan COD 59,40 ± 70,03% dalam waktu 30 hari, sedangkan degradasi organik di UAF mampu menurunkan COD 98,40%. Untuk lebih detail tentang sistem ABR, Pirsahab, Rostamifar, Mansouri, Zinatizadeh, & Sharafi (2015) memberikan gambaran sketsa rangkaian pengolahan limbah dengan sistem ABR yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pembuatan rangkaian pengolahan limbah cair tapioka (Gambar 2a). Sementara itu, untuk sistem UAF, León-Becerril, García-Camacho, Del Real-Olvera, & López-López (2016) memberikan gambaran sketsa rangkaian pengolahan limbah dengan sistem UAF (Gambar 2b) yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pembuatan rangkaian pengolahan limbah cair tapioka.



(a) Sistem ABR (Pirsahab *et al.*, 2015)



(b) Sistem UAF (León-becerril *et al.*, 2016)

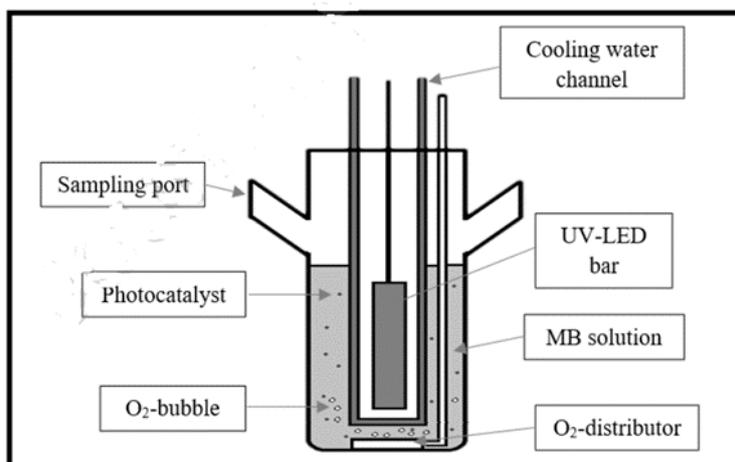
Gambar 2.

Sketsa Rangkaian Pengolahan Limbah dengan Sistem ABR dan UAF

Fotokatalis

Salah satu cara pengolahan limbah cair yang paling efektif adalah fotokatalis. Cara kerjanya adalah dengan mengubah energi cahaya menjadi energi kimia. Proses tersebut akan menghasilkan radikal hidrosil yang kemudian akan bereaksi redoks dengan senyawa organik (polutan), sehingga air akan kembali jernih (Suchaya, Permatasari, & Nandiyanto, 2016). Jenis fotokatalis yang banyak digunakan adalah titanium dioksida (TiO₂) dikarenakan stabil terhadap korosi, daya oksidasi tinggi, tidak beracun, dan harga relatif murah (Riyani, Setyaningsing, & Dwiasih, 2012; Wildan, Setyapuspito, & Anggraeni, 2017).

Paramita *et al.* (2006) menggunakan fotokatalis dengan energi surya untuk melakukan pengolahan terhadap limbah cair tapioka. Hasil pengujian menunjukkan terjadi penurunan konsentrasi COD limbah cair tapioka sintetis tertinggi pada menit ke-180, namun interval penurunan tertinggi terjadi pada interval 0–20 menit. Hal ini membuktikan pengolahan limbah cair tapioka dengan fotokatalis menggunakan energi surya mampu menurunkan konsentrasi COD dalam limbah cair tapioka. Sketsa pengolahan limbah cair dengan fotokatalis diberikan oleh Ng, Chen, Cheng, & Vo (2020) yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pembuatan rangkaian pengolahan limbah cair tapioka (Gambar 3).



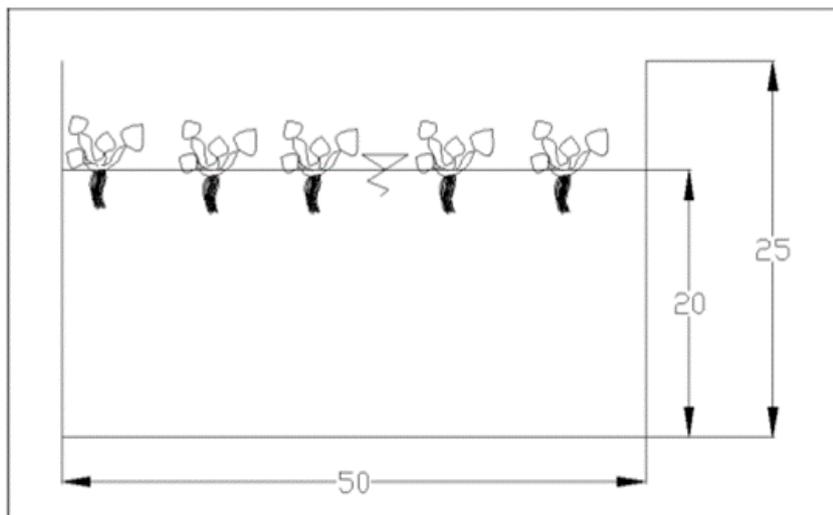
Gambar 3.

Sketsa Pengolahan Limbah Cair dengan Fotokatalis
 Sumber: Ng *et al.* (2020)

Fitoremediasi

Teknik fitoremediasi adalah metode dekontaminasi limbah menggunakan tumbuhan (Nurkemalasari, Sutisna, Wardhani, 2013; Djo, Suastuti, Suprihatin, & Sulihingtyas, 2017). Salah satu tumbuhan yang dapat digunakan adalah eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Kekurangan fitoremediasi dengan eceng gondok adalah risiko ekologis karena mudah berpindah dari satu wilayah ke wilayah lain, dapat menjadi gulma yang menutupi permukaan air, tingkat pertumbuhan sangat tinggi sehingga dapat menyebabkan ekologi dan sosial ekonomi bencana jika mereka tumbuh tanpa kendali (Qin et al., 2020).

Nuraini & Felani (2015) melakukan pengujian teknik fitoremediasi untuk mengurai limbah cair tapioka menggunakan tanaman eceng gondok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah 28 hari, *Eichhornia crassipes* yang ditanam pada 25% limbah cair tapioka mampu menurunkan konsentrasi BOD, COD, CN limbah cair tapioka, serta meningkatkan pH limbah cair tersebut. Contoh reaktor uji fitoremediasi dengan tumbuhan eceng gondok diberikan oleh Raissa (2017) yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pembuatan rangkaian pengolahan limbah cair tapioka (Gambar 4).



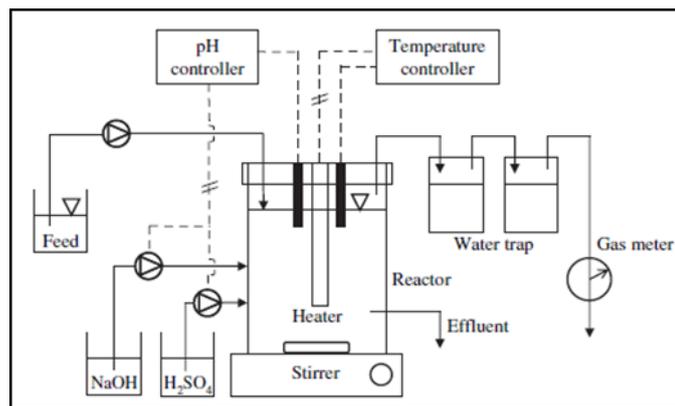
Gambar 4.
Contoh Reaktor Uji Fitoremediasi Tumbuhan Eceng Gondok
Sumber: Raissa (2017)

Sequencing Batch Reactor (SBR)

Sequencing Batch Reactor (SBR) adalah suatu metode pengolahan limbah cair yang mudah dioperasikan untuk industri pangan dengan luas lahan lebih kecil (Winda & Suharto, 2015). SBR memiliki fleksibilitas operasional yang baik maka banyak digunakan secara luas untuk pengolahan limbah cair. Teknologi SBR merupakan modifikasi dari proses lumpur aktif atau *Activated Sludge Process* (ASP) (Dutta & Sarkar, 2015).

Lawal, Ogedengbe, Adetifa, & Anyanwu, (2019) menggunakan SBR yang diangin-anginkan dengan media cangkang sawit sebagai

media biofilter. Hasil pengujian menunjukkan terjadi efisiensi pembuangan secara keseluruhan sebesar 73,5% HCN, 70,59% BOD, 69,18% COD, 29,93% kekeruhan, 4,92% sodium, 25% magnesium, 14,32% kalsium, dan pH akhir berkisar antara 4,5-4,6. Hasil pengujian tersebut membuktikan terjadinya efisiensi sehingga dapat dijadikan alternatif dalam pengolahan limbah cair tapioka. Skema sistem SBR diberikan oleh Sreethawong, Chatsiriwatana, Rangsunvigit, & Chavadej (2010) yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pembuatan rangkaian pengolahan limbah cair tapioka (Gambar 5).



Gambar 5.

Contoh Skema Sistem SBR

Sumber: Sreethawong *et al.* (2010)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Limbah sisa produksi tapioka terutama limbah cair yang dibuang secara langsung ke aliran sungai tanpa melalui pemrosesan terlebih dahulu mengakibatkan penurunan kualitas air sungai. Air sungai yang melalui area pertambakan menjadi salah satu sumber air utama untuk mengisi kolam tambak. Dampak selanjutnya adalah tercemarnya air tambak yang berpotensi menyebabkan kematian biota yang dibudidayakan di tambak, seperti udang dan bandeng. Beberapa alternatif pengolahan limbah cair tapioka menunjukkan hasil mampu mengurangi kadar pencemaran air berdasarkan pengujian laboratorium. Membran ultrafiltrasi dapat memisahkan padatan tersuspensi sehingga dapat mengurangi beban pencemaran. Sistem ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*) dan sistem UAF (*Upflow Anaerobic Filter*) dapat menurunkan konsentrasi COD dalam limbah cair tapioka, dimana sistem UAF lebih efektif dibandingkan sistem ABR. Penggunaan fotokatalis juga dapat menurunkan konsentrasi COD dalam limbah cair tapioka. Fitoremediasi dengan eceng gondok mampu menurunkan konsentrasi BOD, COD, dan CN serta meningkatkan pH limbah cair tapioka. Penggunaan *sequencing batch reactor* menunjukkan terjadi efisiensi pembuangan HCN, BOD, COD, kekeruhan, sodium, magnesium, dan kalsium.

Saran

Pemilihan alternatif pengolahan limbah cair tapioka disesuaikan dengan kemampuan

dan skala industri sehingga tidak menimbulkan beban biaya tambahan terhadap usaha yang dijalankan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustira, R., Lubis, K. S., & Jamilah. (2013). Kajian Karakteristik Kimia air, Fisika Air dan Debit Sungai pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. *Jurnal Online Agroteknologi*, 1(3), 615–625.
- Andareswari, N., Hariyadi, S., & Yulianto, G. (2019). Karakteristik dan Strategi Pengelolaan Limbah Cair Usaha Tapioka di Bogor Utara. *Jurnal ECOLAB*, 13(2), 85–96.
- Astuti, A. D. (2012). Status Mutu Air Sungai Suwatu di Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan dan IPTEK*, VIII (2), 110–116.
- Azizah, R. N., Slamet, A., & Yuniarto, A. (2016). *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka di Kabupaten Lampung Timur*. Surabaya: Simposium Jaringan Perguruan Tinggi untuk Pembangunan Infrastruktur Indonesia, 147–153.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Pati. (2020a). *Kecamatan Margoyoso dalam Angka Tahun 2019*. Pati: Badan Pusat Statistik Kabupaten Pati.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Pati. (2020b). *Pati dalam Angka Tahun 2019*. Pati: Badan Pusat Statistik Kabupaten Pati.

- Damayanti, H. O. (2013). *Kualitas Air Tambak, Kasus Kematian Ikan dan Tinjauan Ekonomi Budi daya Tambak di Desa Bulumanis Kidul Kecamatan Margoyoso*. Seri Bunga Rampai Pembangunan Daerah Berkelanjutan. Pati: CV. Mitra Sejati.
- Djarwanti. (2015). Aplikasi Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka dengan Sitem ABR dan AUF. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 6(1), 29–34.
- Djo, Y. H. W., Suastuti, D. A., Suprihatin, I. E., & Sulihingtyas, W. D. (2017). Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) untuk Menurunkan COD dan Kandungan Cu dan Cr Limbah Cair Laboratorium Analitik Universitas Udayana. *Cakra Kimia*, 5(2), 137–144.
- Dutta, A., & Sarkar, S. (2015). Sequencing Batch Reactor for Wastewater Treatment: Recent Advances. *Curr Pollution Rep.*, 1, 177–190.
- Handayani, N. I., Yuliasni, R., Setianingsih, N. I., & Budiarto, A. (2020). Full Scale Application of Integrated Upflow Anaerobic Filter (UAF)-Constructed Wetland (CWs) in Small Scale Batik Industry Wastewater Treatment. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 11(1), 27–35.
- Hariyanto, B., & Larasati, D. A. (2016). *Dampak Pembuangan Limbah Tapioka Terhadap Kualitas Air Tambak di Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati*. Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS 2016 Upaya Pengurangan Risiko Bencana Terkait Perubahan Iklim, 357–369.
- Hastuti, E., Nuraeni, R., & Darwati, S. (2017). Pengembangan Proses pada Sistem Anaerobic Baffled Reactor Untuk Memenuhi Baku Mutu Air Limbah Domestik. *Jurnal Permukiman*, 12(2), pp. 70–79.
- Ng, K. H., Chen, K., Cheng, C. K., & Vo, D. V. N. (2020). Elimination of Energy-Consuming Mechanical Stirring: Development of Auto-Suspending ZnO-Based Photocatalyst for Organic Wastewater Treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 1–35.
- Indriyani, V., Novianty, Y., & Mirwan, A. (2017). Pembuatan Membran Ultrafiltrasi dari Polimer Selulosa Asetat dengan Metode Inversi Fasa. *Konversi*, 6(1), 11–16.
- Japonika, H. (2015). Pemisahan dengan Membran Ultrafiltrasi dalam Industri Bioproses. *Biosfer*, 1–8.
- Karokaro, A. S. (2014). Sungai Tercemar Limbah Pabrik, Ikan-ikan Pada Mati. Mangobay Situs Berita Lingkungan. <https://www.mongabay.co.id/2014/07/20/sungai-tercemar-limbah-pabrik-ikan-ikan-pada-mati/>, Diakses bulan November 2020.
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor KEP-03/MENKLH/II/1991 Tahun 1991 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan yang Sudah Beroperasi.
- Peraturan menteri Pekerjaan Umum Nomor 16/PRT/M/2011 Tahun 2011 tentang *Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Tambak*.
- Krishna, G. V. T. G., Kumar, P., & Kumar, P. (2009). Treatment of Low-Strength Soluble Wastewater Using an Anaerobic Baffled Reactor (ABR). *Journal of Environmental Management*, 90(1), 166–176.
- Lawal, N. S., Ogedengbe, K., Adetifa, B. O., & Anyanwu, G. N. (2019). Degrading Cassava Mill Effluent Using Aerated Sequencing Batch Reactor with Palm Kernel Shell as Medium. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 6(3), 1737–1745.
- León-Becerril, E., García-Camacho, J. E., Del Real-Olvera, J. D., & López-López, A. (2016). Performance of An Upflow Anaerobic Filter in The Treatment of Cold Meat Industry Wastewater. *Process Safety and Environmental Protection*, 102, 385–391.
- Lestari, R. Y. (2017). *Pengolahan Air Limbah Industri Karet dengan Teknologi Integrasi Koagulasi-Upflow Anaerobic (UAF)*. Prosiding Seminar Nasional Ke-1 Tahun 2017. Samarinda: Balai Riset dan Standardisasi Industri Samarinda, 227–239.

- Nanjing University of Science and Technology. (2018). Ultrafiltration Membrane and A Preparation Method Thereof. China.
- Nuraini, Y., & Felani, M. (2015). Phytoremediation of Tapioca Wastewater Using Water Hyacinth Plant (*Eichhornia crassipes*). *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 2(2), 295–302.
- Nurkemalasar, R., Sutisna, M., & Wardhani, E. (2013). Fitoremediasi Limbah Cair Tapioka dengan Menggunakan Tumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*). *Reka Lingkungan*, 1(2), 81–92.
- Paramita, V., Yulianto, M. E., & Hartati, I. (2006). Studi Awal Pengolahan Limbah Cair Tapioka dengan Photokatalitik Menggunakan Energi Surya. *Momentum*, 2(2), 41–45.
- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Pervov, A. G., Tikhonov, K. V., & Makisha, N. A. (2020). Determination of Optimal Operation Pressure Values for Ultrafiltration Wastewater Treatment. *Membranes and Membrane Technologies*, 2(3), 159–168.
- Pirsaheb, M., Rostamifar, M., Mansouri, A. M., Zinatizadeh, A. A. L., & Sharafi, K. (2015). Performance of an Anaerobic Baffled Reactor (ABR) Treating High Strength Baker's Yeast Manufacturing Wastewater. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. Taiwan Institute of Chemical Engineers, 47, 137–148.
- Prayitno, H. T. (2008). *Pemisahan padatan Tersuspensi Limbah Cair Tapioka dengan Teknologi Membran Sebagai Upaya Pemanfaatan dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan*. Tesis. Semarang: Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Priyono, A. (2011). Kajian Beban Pencemaran Limbah Usaha Kecil di Sungai Ciliwung Segmen Kota Bogor. *Media Konservasi*, 16(1), 32–40.
- Qin, H., Diao, M., Zhang, Z., Visser, P. M., Zhang, Y., Wang, Y., & Yan, S. (2020). Responses of Phytoremediation in Urban Wastewater with Water Hyacinths to Extreme Precipitation. *Journal of Environmental Management*, 271, 1–10.
- Raissa, D. G. (2017). *Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)*. Tesis. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Riyani, K., Setyaningtyas, T., & Dwiasih, D. W. (2012). Pengolahan Limbah Cair Batik menggunakan Fotokatalis TiO₂-Dopan-N dengan Bantuan Sinar Matahari. *Valensi*, 2(5), 581–587.
- Sarajar, A. E. E., Ramadhania, R. P., & Purwanto (2018). Organic Pollutant Degradation of Tapioca Flour Industrial Waste with Photo-fenton Reaction. *MATEC Web of Conferences*, 156, 1–4.
- Soelaeman, A., Suryandari, S., Agustina, S., & Suriadi, E. (2000). Penelitian Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka. *Buletin Penelitian*, XXII(2), 1–9.
- Sreethawong, T., Chatsiriwatana, S., Rangsunvigit, P., & Chavadej, S. (2010). Hydrogen Production from Cassava Wastewater Using an Anaerobic Sequencing Batch Reactor: Effects of Operational Parameters, COD: N Ratio, and Organic Acid Composition. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35, 4092–4102.
- Sucahya, T. N., Permatasari, N., & Nandiyanto, A. B. D. (2016). Review: Fotokatalis untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(1), 1–15.
- Sulaeman, O. (2018). Desain Pengolahan Air Menggunakan Membran Ultrafiltrasi Kapasitas 50 m³/Hari. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 11(1), 37–44.

Wildan, A., Setyopuspito, A., & Anggraeny, E. N. (2017). Pengolahan Limbah Batik Dengan Metode Fotokatalitik di Desa Gemawang Kabupaten Semarang. *Abdimas Unwahas*, 2(2), 45-49.

Winda & Suharto, I. (2015). *Pengolahan Air Limbah Tempe dengan Metode Sequencing Batch Reactor Skala Laboratorium dan Industri Kecil Tempe*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia 'Kejuangan' Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. Yogyakarta: UPN Veteran Yogyakarta, 1-7.

BIODATA PENULIS

Herna Octivia Damayanti, lahir pada tanggal 6 Oktober 1985 di Kabupaten Kudus. Mahasiswa Program Doktor Manajemen Sumber Daya Perairan Universitas Diponegoro.

Metachul Husna, lahir pada tanggal 23 Maret 1984 di Kabupaten Tulungagung. Mahasiswa Program Doktor Manajemen Sumber Daya Perairan Universitas Diponegoro.

Dicky Harwanto, lahir pada tanggal 18 Desember 1975 di Kabupaten Semarang. Dosen Program Doktor Manajemen Sumber Daya Perairan Universitas Diponegoro.

