

KINERJA HYBRID CONSTRUCTED WETLAND SEBAGAI UPAYA PELESTARIAN SUMBER DAYA AIR PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK DI SIDOARJO

Oktavia Audina

S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
oktaviaaudina@mhs.unesa.ac.id

Erina Rahmadyanti

Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
erinarahmadyanti@unesa.ac.id

Abstrak

Batik merupakan warisan budaya asli Indonesia yang telah disahkan oleh UNESCO. Batik digunakan dalam berbagai kesempatan baik formal maupun non-formal. Hal ini berdampak positif pada perekonomian Indonesia dengan meningkatkan jumlah produksi, jumlah industri batik, dan penyerapan tenaga kerja. Industri batik juga berdampak negatif pada lingkungan karena limbah cair yang dihasilkan dari proses pembuatannya. *Constructed wetland* (CW) merupakan salah satu solusi yang ditawarkan sebagai teknologi yang mudah, murah, dan berkelanjutan sebagai unit pengolahan limbah dengan memanfaatkan teknologi alami. Tanaman yang digunakan adalah tanaman *Canna indica*. Tanaman ini telah banyak digunakan karena tanaman ini dapat mentoleransi limbah dengan kandungan timbal yang tinggi. *Hybrid constructed wetland* merupakan gabungan antara *horizontal* dan *vertical subsurface flow CW*. Teknologi ini diaplikasikan untuk mengolah limbah cair hasil perebusan batik (*boiling*). Parameter yang diteliti adalah *Chemical Oxygen demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan *Fat, Oil, and Grease* (FOG) dengan lama limbah berada di reaktor (*Hydraulic Retention Time*) selama 3, 5, dan 7 hari. *Removal efficiency* yang dapat dicapai untuk COD sebesar 89,61% dan FOG 89,53% pada hari ke 3. *Removal efficiency* paling optimal untuk TSS sebesar 98,74% pada hari ke 5.

Kata kunci : limbah industri batik, limbah *boiling*, *hybrid CW*, *canna indica*, *hydraulic retention time* (HRT)

Abstract

Batik is a genuine Indonesian cultural heritage which has been endorsed by UNESCO. Batik is used on various occasions both formal and non-formal. This has a positive impact on the Indonesian economy by increasing the amount of production, the number of batik industries, and employment. The batik industry also has a negative impact on the environment due to liquid waste generated from the manufacturing process. Constructed wetland (CW) is one of the solutions offered as an easy, inexpensive, and sustainable technology as a waste treatment unit by utilizing natural technology. The plants used are Canna indica plants. This plant has been widely used because this plant can tolerate wastewater with high lead content. Hybrid constructed wetland is a combination of horizontal and vertical subsurface flow CW. This technology is applied to treat wastewater from boiling batik. The parameters studied were Chemical Oxygen demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), and Fat, Oil, and Grease (FOG) with the duration of boiling batik wastewater in reactor (Hydraulic Retention Time) for 3, 5, and 7 days. Removal efficiency that can be achieved for COD is 89.61% and FOG 89.53% on day 3. The most optimal removal efficiency for TSS is 98.74% on day 5.

Keywords: batik industry wastewater, boiling wastewater, hybrid CW, *canna indica*, hydraulic retention time (HRT)

PENDAHULUAN

Batik adalah kerajinan paling berharga di Indonesia dan merupakan ikon budaya Indonesia yang telah mendapatkan penghargaan dari *United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization* (UNESCO) pada tanggal 2 Oktober 2009 sebagai warisan budaya dari Indonesia. Data Kementerian Perdagangan menunjukkan pada tahun 2006-2010 perkembangan industri batik meningkat jumlah

produksinya hingga 16% dari angka Rp. 3,1 triliun hingga mencapai Rp. 4,1 triliun pada tahun 2009-2010. Hal tersebut juga diikuti oleh peningkatan jumlah unit usaha batik di Indonesia hingga angka 55.573 unit usaha (Steelyana, 2012).

Industri batik juga membawa dampak negatif bagi lingkungan. Air limbah batik dihasilkan oleh tiga tahap, yaitu perendaman kain dengan zat warna, perebusan untuk melunturkan lilin, dan pembilasan (Mukimin, 2018). Limbah cair dari masing-masing proses memiliki

karakteristik yang berbeda karena bahan kimia yang tercampur dalam air memiliki kandungan yang tidak sama (Rashidi, 2013). Industri batik juga terkenal dengan penggunaan air yang banyak dan limbah dengan kandungan lilin, resin, pewarna, dan silika yang menyebabkan tingginya kandungan COD dan TSS. Tabel 1 merupakan tabel karakteristik limbah batik yang diperoleh dari proses berbeda.

Tabel 1 Karakteristik limbah batik berdasarkan proses

Parameter	COD (mg/L)	pH
Setelah perendaman	3.950	11,3
Setelah perebusan	13.600	12,1
Pembilasan 1	428	7,6
Pembilasan 2	34	6,4

Sumber: Birgani, et al., 2016

Pengolahan limbah cair batik yang sudah pernah dilakukan adalah dengan menggunakan lembaran plastik berlapis *titanium dioxide* (TiO_2) untuk mendegradasi air limbah yang dihasilkan dalam proses pencelupan batik (Arifan, 2018), menggunakan koagulan hibrida *aluminium sulfat Aloe vera* (ALAV) dan *magnesium sulfat Aloe vera* (MGAV) yang disiapkan untuk pengobatan utama pengolahan air limbah pewarna metilen biru (MB) melalui proses flokulasi koagulasi (Lee, 2015), integrasi *bioequalization* dan elektro katalitik mampu memenuhi standar debit peraturan lokal (Mukimin, 2018), dan *pretreatment* untuk limbah batik dengan teknologi *physical treatment* menggunakan *baffle tank* dengan efisiensi hingga 88% untuk menghilangkan wax/lilin pada limbah batik (Rashidi, 2013).

Sistem CW merupakan teknologi yang murah dengan sedikit atau tanpa kebutuhan energi dan kebutuhan peralatan sangat minim, sehingga biaya konstruksi menjadi rendah (Elzein, et al., 2016; Mthembu, 2013; UN-Habitat, 2008). Tanaman berperan penting dalam penghapusan nutrisi dalam air limbah (Sasmaz, et al., 2008; Perdana, 2018). *Canna indica* merupakan tanaman yang berperan penting dalam proses *phytoremediation* karena tanaman ini dapat menghilangkan logam berat dari tanah, air, maupun udara melalui akar dan daunnya yang lebar dan banyak digunakan sebagai bagian dari unit treatment limbah (Cule, 2016; Darsini, 2015; Panrare, et al., 2015; Sharma & Sinha, 2016; Yadav, 2012).

Keuntungan dari sistem *hybrid* ini yaitu: (1) Secara umum sistem *hybrid* memiliki efek pengolahan limbah yang lebih baik daripada sistem tunggal, terutama untuk nitrogen, karena keuntungan dari filter yang berbeda dapat digabungkan, selama tidak ada filter permukaan bebas yang terlibat; (2) Sistem *hybrid* ini tidak menyebabkan peningkatan sarang nyamuk; (3) Memanfaatkan proses alami seperti gravitasi bumi, sinar matahari, proses penyaringan oleh kerikil dan pasir, dan tanaman untuk mereduksi senyawa limbah batik; (4) Daya listrik umumnya hanya diperlukan untuk pompa yang digunakan pada sistem skala yang lebih besar; (5) Sistem *hybrid* juga memiliki laju prosesnya lebih stabil.

Sedangkan kelemahannya adalah sangat memakan ruang, membutuhkan pengetahuan dan pengalaman konstruksi ahli, membutuhkan desain dan pengawasan ahli, dan tidak terlalu toleran terhadap iklim dingin (Stauffer & Spuhler, 2018).

METODE

Jenis penelitian yang digunakan yaitu penelitian eksperimental yang dilaksanakan dalam skala laboratorium. Pendekatan penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan mengumpulkan beberapa parameter yang mewakili air limbah industri batik, diantaranya *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan *Fat, Oil, and Grease* (FOG).

Sampel dan variabel

Pengambilan sampel dilakukan secara acak pada salah satu UKM di Kampong Batik Jetis Sidoarjo. Sampel yang akan diteliti merupakan sampel yang dihasilkan dari proses perebusan kain batik. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan lilin yang melekat pada kain sebelum kemudian dibilas (Mukimin, 2018). Alasan pemilihan limbah ini adalah karena limbah hasil perebusan ini memiliki kandungan zat kimia yang lebih pekat dari pada proses lainnya. Kadar COD meningkat dari proses *soaking* sebesar 3.950 mg/L, setelah proses *boiling* kadar COD bertambah menjadi 13.600 mg/L dengan pH 12,1 (Birgani, 2016).

Variabel dependen (variabel *output/ kriteria/ konsekuen/ endogen/ terikat*) adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas dalam penelitian ini yaitu COD, TSS, FOG. Variabel independen (variabel stimulus/ prediktor/ *antecedent/ eksogen/ bebas*) adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel dependen (terikat). Variabel independen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu waktu retensi (HRT) yaitu 3 hari, 5 hari, dan 7 hari. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah debit (6 ml/menit) dan juga tanaman (*Canna indica*).

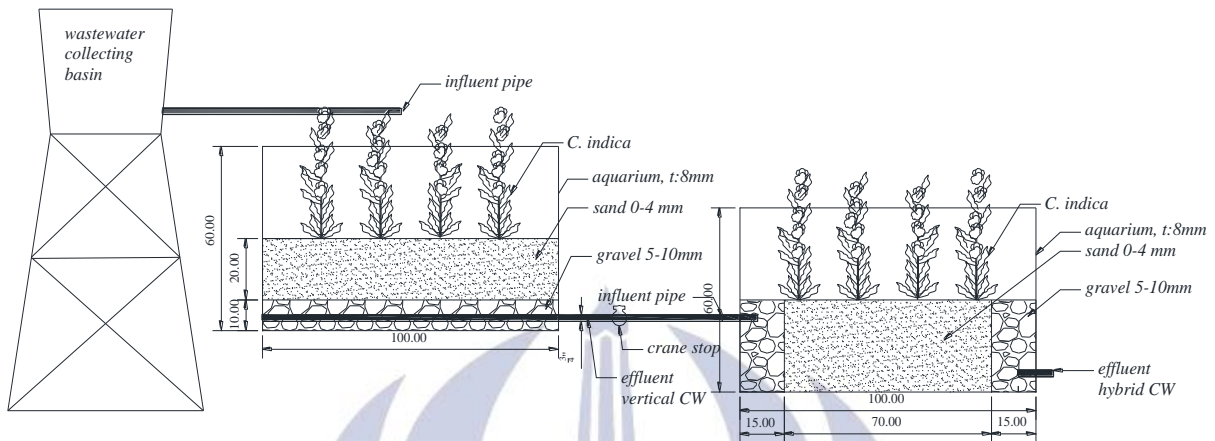
Rancangan penelitian

Teknologi yang digunakan adalah *hybrid CW* seperti pada Gambar 1. Media *vertical flow* diletakkan lebih awal karena *vertical flow* merupakan media yang lebih unggul dalam proses nitrifikasi yaitu proses merubah *ammonia* menjadi *nitrat*, lalu dilanjutkan dengan proses denitrifikasi pada *horizontal CW* yaitu merubah *nitrat* menjadi gas *nitrogen* dan dilepaskan dari tanah.

Masing-masing bak dibuat dengan ukuran panjang, lebar, dan tinggi yaitu 1x0,5x0,6 m. Kerikil berukuran 5-10 mm dan juga pasir sungai dengan ukuran gradasi 0-4 mm digunakan pada *vertical* dan *horizontal CW*. Pipa yang digunakan sebagai *influent* dan *effluent* adalah pipa dengan ukuran diameter $\frac{3}{4}$ ". *Free space* dari dasar pasir ke mulut bak adalah 30 cm. Tanaman yang digunakan pada kedua unit treatment adalah tanaman *Canna indica* dengan jumlah 4 tanaman (UN-Habitat, 2008). Debit yang digunakan adalah 6 ml/menit.

Tanaman akan diaklimatisasi selama dua minggu, dengan satu minggu penyiraman menggunakan air bersih dan minggu berikutnya akan disiram dengan kadar limbah 25%, 50%, dan 75% yang ditambahkan secara bertahap. Kondisi yang menandakan bahwa

tanaman dapat beradaptasi dengan baik adalah mekarnya bunga, daun dan batang yang sehat, dan muncul bakal tanaman baru (Jayaweera, 2008; Kamaruzaman, 2011).



Gambar 1. Media hybrid CW sebagai unit treatment limbah batik



Gambar 2. Realisasi unit treatment gabungan VSSF CW dan HSSF CW dengan C.indica

Pengumpulan dan analisa data

Sampel air yang diuji diambil dari dua tahap, yaitu dimulai dari hari ketiga, kelima, dan ketujuh pada *effluent vertical CW* dan *effluent hybrid CW* dengan metode *grab sampling*. Tujuannya adalah untuk mengetahui efektifitas antara satu alat dan dua alat yang tergabung dalam teknologi *hybrid*. Sampel tersebut kemudian dibawa ke lab untuk dilakukan pengujian terkait kadar COD, TSS, dan FOG. Teknik analisa data yang digunakan adalah analisis diskriptif kuantitatif. Data hasil uji yang telah didapatkan akan disajikan dalam diagram agar lebih mudah membaca dan mengetahui efisiensi penurunannya. *Removal efficiency* dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Removal Efficiency} = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100\%$$

Dimana : C_i = konsentrasi *influent*
 C_e = konsentrasi *effluent*

Perbandingan dilakukan terhadap *effluent hybrid CW* dengan baku mutu air limbah dan klasifikasi kelas air. Tahapan ini digunakan untuk mengetahui efektifitas teknologi *hybrid CW*. Tabel berikut merupakan Tabel baku mutu air limbah untuk air limbah industri tekstil

yang diambil dari peraturan menteri lingkungan hidup republik Indonesia (Permen LH RI) no.5 tahun 2014.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik awal limbah perebusan

Limbah yang digunakan adalah limbah *boiling*. Limbah *boiling* mempunyai karakter fisik air yang berwarna keruh hitam kehijauan, kental, dan berbau tidak sedap jika sudah didiamkan selama beberapa hari, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Limbah awal perebusan batik

Air perebusan didalam botol kaca diberi label sebagai limbah awal dan secepatnya dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian. Proses pengujian COD dengan metode Reflux tertutup, TSS dengan metode Gravimetri dan FOG dengan metode Gravimetri. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan ditampilkan dalam Tabel 2 berikut dan nilai awalnya akan dibandingkan dengan nilai baku mutu air limbah untuk industri tekstil yang telah diatur dalam Permen LH RI No.5 Tahun 2014 Pasal 1 No. 31 untuk tiga parameter yang diujikan (Permen LH RI, 2014).

Tabel 2 Hasil Uji Limbah Batik Boiling

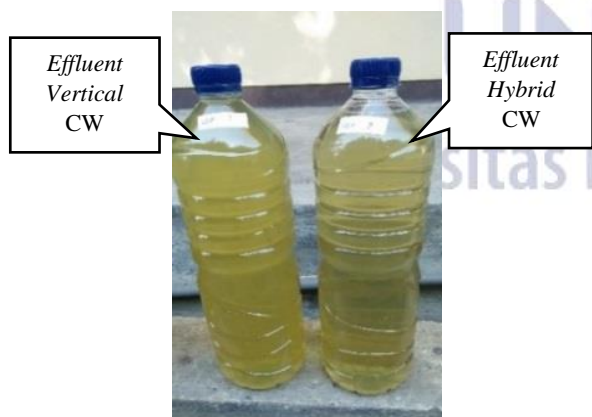
No.	Parameter	Nilai Awal	Baku mutu	Satuan
1	COD	12.000	150	mg/L
2	TSS	3.180	50	mg/L
3	FOG	9.740	3	mg/L

Sumber: Lab. Organik Teknik Lingkungan ITS

Tabel diatas menunjukkan bahwa limbah *boiling* memiliki kadar COD, TSS, dan FOG yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan baku mutu air limbah untuk industri tekstil. Kadar awal COD limbah perebusan batik Jetis mencapai 12.000 mg/L O₂, dimana angka tersebut lebih rendah jika dibandingkan dengan karakteristik limbah perebusan batik Malaysia yaitu dengan nilai COD mencapai 13.600 mg/L O₂ (Birgani, 2016). Limbah tersebut akan dialirkan ke dalam reaktor *hybrid CW* dengan waktu *treatment* yaitu tiga hari, lima hari, dan tujuh hari.

Effluent Hybrid CW

Karakter fisik antara *effluent vertical CW* dan *effluent hybrid CW* tidak berbeda jauh. *Effluent vertical* dan *hybrid* sama-sama berwarna kuning kehijauan, berbusa, dan berbau. Perbedaan terletak pada kekeruhan masing-masing sampel yang ditampilkan dalam Gambar 4.

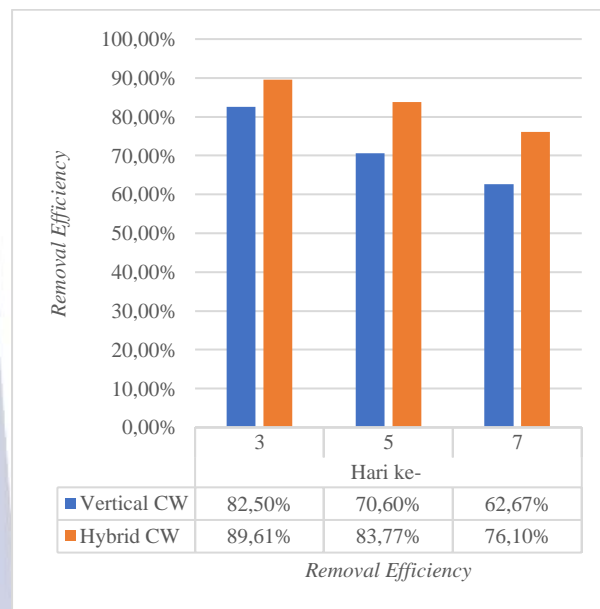


Gambar 4. Effluent vertical dan hybrid CW

Penurunan COD

Penurunan COD paling tinggi terjadi pada hari ke -3 dengan prosentase penurunan 89,61% pada *effluent hybrid CW* seperti yang terlihat pada Gambar 5. Hasil tersebut berbanding lurus dengan penelitian terdahulu

yang menyebutkan bahwa *hybrid CW* (VF-HF) memiliki efisiensi penurunan COD sebesar 80-89% (Meng, 2014; Otieno, 2017; Melian, 2010). CW yang ditanami tanaman menghasilkan efisiensi penurunan material organik yang lebih tinggi daripada CW yang tidak ditanami tanaman (Cui, 2010; Sindilariu, 2009; Shelef, 2013; Otieno, 2017). Hal ini menunjukkan bahwa tanaman *Canna indica* memainkan peran penting dalam penghapusan komponen organik limbah batik dalam *constructed wetland* (Darsini, 2015; Sharma & Sinha, 2016; Yadav, 2012).

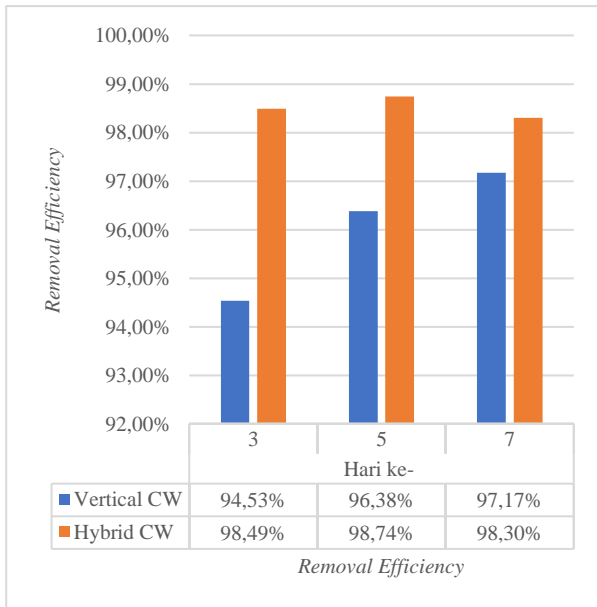


Gambar 5. Removal Efficiency COD

Penelitian lain juga menyebutkan bahwa *hybrid CW* yang tidak ditanami CW masih dapat menurunkan kadar COD dikarenakan pasir dan tanah yang juga berkontribusi untuk menyediakan kondisi lingkungan yang baik sebagai tempat berkembangbiaknya mikroorganisme dan mendegradasi material organik dalam limbah (Meng, 2014; Otieno, 2017). Penurunan COD dalam teknologi *wetland* dilakukan dalam 3 tahap, yakni fisik, kimia, dan biologi. Aliran air masuk membawa polutan organik. COD berbentuk padat dapat dihilangkan melalui tahapan fisik yaitu proses pengendapan (*settling*), dimana kontaminan organik yang masuk dalam aliran air dan akan mengendap pada aliran yang diam. COD terlarut dan berbentuk koloid (material halus dan mengambang) dapat dihilangkan melalui proses kimia fisik yang terjadi antara kontak aliran air dengan substrat dan tanaman. COD mengendap tersebut kemudian akan dihancurkan oleh mikroorganisme sebagai proses biodegradasi.

Penurunan TSS

Penurunan TSS paling optimum terjadi pada *hybrid CW* di hari ke -5 dengan prosentase penurunan sebesar 98,74%. Penelitian terdahulu juga menyebutkan bahwa efisiensi penurunan TSS oleh teknologi *hybrid CW* adalah 78-98% (Meng, Panpan, et al., 2014). Prosentase penurunan TSS dapat dilihat pada Gambar 6.

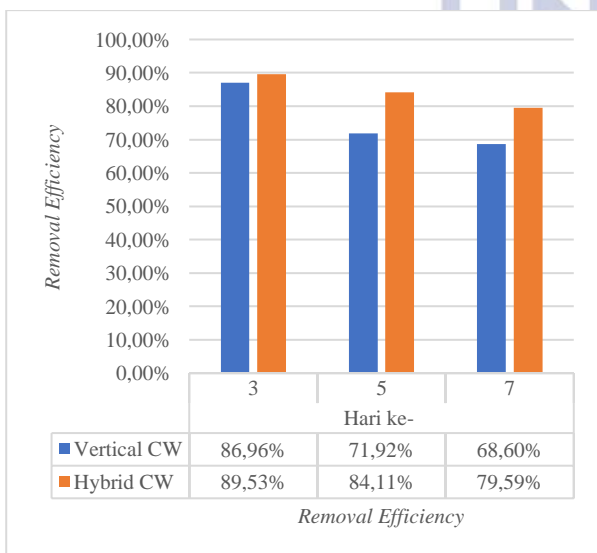


Gambar 6. Removal Efficiency TSS

Proses fisika berperan penting dalam penghapusan kontaminan, yaitu proses sedimentasi dan filtrasi. Pemisah antara partikel tersuspensi dan air dalam proses pengendapan didukung oleh gaya gravitasi. Tanaman dan substrat merupakan faktor pendukung selain gaya gravitasi untuk membantu proses filtrasi. Sistem perakaran tanaman dapat membantu untuk memfilter padatan yang ada dalam limbah (Otieno, 2017). Akar serabut akan membantu proses filtrasi lebih optimum karena dapat menjangkau area yang lebih luas (Sembiring, 2013). Proses filtrasi juga terjadi dikarenakan air limbah melewati media yang berpori, sehingga padatan dapat tertahan dalam pori-pori media.

Penurunan FOG

Efisiensi penurunan FOG optimum dicapai dengan prosentase sebesar 89,53% pada hari ke-3. Prosentase penurunan FOG dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Removal Efficiency FOG

Penghancuran FOG juga melewati 3 tahapan proses, yaitu kimia, fisika, dan biologi. *Phytodegradation* merupakan proses biologi yang melibatkan tanaman. *Phytodegradation* merupakan proses produksi enzim pada tanaman untuk menghancurkan komponen organik dan anorganik yang masuk ke dalam tanaman selama proses transpirasi. Proses fisika yang terjadi adalah penguapan yang dibantu oleh sinar matahari. FOG dapat dihilangkan dengan *pretreatment* proses, salah satunya menggunakan teknologi *dissolved air flotation* (DAF) dengan penambahan senyawa kimia sebelum dimasukkan pada *biological treatment*. DAF dengan alum dan pengasaman (*acidification*) dapat menghapus FOG hingga mencapai efisiensi 85%-95% (Dehghani, 2014). Penurunan lilin pada limbah batik dengan *pretreatment* proses akan membantu menurunkan kadar COD yang terkandung didalamnya (Rashidi, 2013).

Pengaruh HRT terhadap penurunan kontaminan

HRT juga mengambil peran penting dalam penghapusan polutan dalam air limbah. Kumpulan mikroba akan terbentuk dalam CW dan dapat menghilangkan kontaminan seiring dengan lamanya waktu tinggal limbah dalam reaktor (Wu, 2015). Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa terjadi peningkatan efisiensi penurunan pada hari ke 3, 5, dan 7 dengan menggunakan teknologi *hybrid CW* (Otieno, 2017).

Penelitian tersebut berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan. Pengaruh HRT akan berbeda pada beberapa kondisi, tergantung pada spesies tanaman yang digunakan dan juga temperatur. HRT yang pendek dapat disebabkan oleh proses denitrifikasi air limbah yang belum sempurna (Wu, 2015). Terjadi penurunan efisiensi penghapusan COD dan FOG pada hari ke -5 dan 7. Hal ini dapat terjadi karena kemampuan tanaman untuk menyerap polutan dalam air limbah semakin berkurang. Berkurangnya kemampuan penyerapan polutan dikarenakan pasokan oksigen dalam akar semakin berkurang, sehingga menghambat aktivitas mikroba aerob akibat kekurangan oksigen. Kurangnya oksigen juga disebabkan oleh limbah yang banyak mengandung minyak dan lemak. Minyak dan lemak dapat menghalangi penetrasi cahaya matahari dan oksigen bebas masuk ke dalam tanah.

Penurunan efisiensi pada parameter TSS terjadi pada hari ke-7. Akumulasi TSS dalam limbah awal yang tinggi dapat menjadi penyebab turunnya efisiensi penurunan dikarenakan substrat telah jenuh oleh partikel tersuspensi yang mengendap (Sindilariu, 2009). Pori-pori media filter sudah tidak dapat menahan koloid, sehingga koloid mengambang dan terbawa aliran air.

Baku mutu dan klasifikasi air

Hasil *effluent vertical* dan *hybrid CW* akan dibandingkan dengan baku mutu air limbah industri tekstil. Tabel 4 merupakan perbandingan nilai *effluent hybrid CW* terhadap baku mutu pada tiga parameter yang diuji, yaitu COD, TSS, dan FOG. Nilai yang memenuhi bakumutu adalah parameter TSS pada hari ke

3 dan ke 5. Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai COD dan FOG belum memenuhi nilai bakumutu yang telah ditetapkan, baik pada hari ke 3, 5, atau 7. Dapat disimpulkan bahwa teknologi *hybrid CW* belum efektif untuk menyaring kontaminan yang ada pada limbah cair hasil batik hasil perebusan.

Hasil *effluent hybrid CW* yang mendekati nilai baku mutu kemudian diklasifikasikan berdasarkan kelas airnya pada Peraturan Pemerintah (PP) RI NO.82 Tahun 2001- *Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air* (PP RI, 2001). Tujuannya agar air dapat

dimanfaatkan dengan baik sesuai dengan peruntukan yang benar. Tabel 4 berikut ini merupakan perbandingan *effluent hybrid CW* hari ke 3 dengan kelas air pada parameter yang ingin dikatehui. *Effluent hybrid CW* pada hari ke-3 memiliki kadar kontaminan paling rendah, namun hasilnya menunjukkan bahwa nilainya masih belum memenuhi karakteristik kelas air tingkat I,II,III, maupun IV. Hal tersebut dikarenakan kadar COD dan FOG yang mempunyai selisih angka yang jauh dengan karakteristik kelas air.

Tabel 3 Perbandingan Nilai *Effluent Hybrid CW* dengan Bakumutu

Parameter	Satuan	Baku mutu	<i>Effluent hybrid CW</i>			Keterangan
			Hari ke-3	Hari ke- 5	Hari ke-7	
COD	mg/L	150	1.247	1.948	2.868	Tidak memenuhi
TSS	mg/L	50	48	40	54	Memenuhi pada hari ke 3 dan 5
FOG	mg/L	3	1.020	1.548	1.988	Tidak memenuhi

Tabel 4 Perbandingan *Effluent Hybrid CW* dengan Klasifikasi Kelas Air

Parameter	Satuan	<i>Effluent</i> hari ke-3 <i>Hybrid</i>	Kelas Air			
			I	II	III	IV
COD	mg/L	1.247	10	25	50	100
TSS	mg/L	48	1000	1000	1000	2000
Fat & Oil	ug/L	1.020.000	1000	1000	1000	(-)

Effluent hybrid CW juga belum dapat memenuhi baku mutu limbah industri tekstil, sehingga perlu dilakukan *pretreatment* sebelum limbah dimasukkan ke dalam reaktor *hybrid CW*. *Pretreatment* untuk air limbah batik yang bisa digunakan salah satunya adalah *treatment* fisik dengan teknologi *buffle tank* dan *dissolved air flotation* (DAF) dengan penambahan senyawa kimia sebelum dimasukkan pada *biological treatment*. Teknologi ini berfungsi untuk menghilangkan lilin dan FOG yang terdapat pada air limbah. Lilin/parafin merupakan kontaminan yang menyebabkan tingginya kadar COD pada air limbah hasil perebusan. Penurunan kadar lilin dengan menggunakan teknologi *buffle tank* dapat mencapai efisiensi hingga 88% (Rashidi, 2013; Dehghani, 2014). Perlu penelitian lebih lanjut untuk menentukan unit *pretreatment* untuk limbah batik.

Kadar COD, TSS, dan FOG yang tinggi dalam badan air dapat menyebabkan kerusakan ekosistem. COD yang tinggi dapat mengurangi kadar oksigen dalam air, TSS dan FOG yang tinggi dapat menghalangi penetrasi cahaya matahari dalam air, sehingga dapat mengurangi laju fotosintesa di air, mengurangi jumlah oksigen (O₂) bebas dari udara ke air yang berdampak pada organisme dalam air.

Pemanfaatan *effluent* sebagai air bahan bangunan

Tabel 5 berikut merupakan perbandingan *effluent hybrid CW* dengan syarat air yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan. Hasilnya menunjukkan bahwa *effluent hybrid* memenuhi kadar parameter TSS yang telah ditentukan.

Tabel 5 Perbandingan *Effluent Hybrid* dan Syarat Air Bahan Bangunan

No.	Parameter	<i>Effluent hybrid</i> hari ke 3	SNI 7974:2013 dan SNI 03-686: 2002
1.	Sulfat	-	3000 ppm
2.	Chlorida	-	500 ppm
3.	Alkali	-	600 ppm
4.	TSS	48 mg/L	50000 ppm
5.	Garam	-	15 gr/L
6.	Gula	-	2 % berat semen
7.	Minyak	1020 mg/L	2 % berat semen

Keterangan : ppm = parts per milion (=mg/L)

Effluent yang dihasilkan oleh *hybrid CW* masih mengandung FOG. FOG tidak diperbolehkan ada dalam air bahan bangunan karena dapat mengurangi ikatan antar agregat dan dapat mengurangi kuat tekan beton

hingga 20%. Belum dapat dipastikan bahwa *effluent hybrid* CW dapat dimanfaatkan untuk air bahan bangunan. Kadar TSS yang diperbolehkan adalah 2 gram/liter, sementara air *effluent hybrid* CW pada hari ke 3 hanya mengandung 0,048 gram/liter. Kadar FOG untuk air bahan bangunan adalah < 2% berat semen, sehingga jika ingin memanfaatkan *effluent* CW dengan kadar minyak 1,02 gram/liter, maka semen yang digunakan harus lebih dari 51 gram semen dengan 1 liter air. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut untuk mengetahui kadar garam, klorida, gula, dan sulfat sebelum air *effluent hybrid* dimanfaatkan sebagai air bahan bangunan mengingat limbah batik memiliki kadar klorida (ASTM C1602M).

SIMPULAN

Hasil dari penggabungan teknologi *vertical* dan *horizontal* CW menjadi teknologi *hybrid* CW menggunakan tanaman *Canna indica* adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik limbah batik Jetis hasil perebusan memiliki kadar COD yang tinggi (12.000 mg/L) karena terdapat lilin/*wax*.
2. Teknologi *hybrid* CW dengan tanaman *Canna indica* memiliki nilai efisiensi penurunan paling optimal untuk COD dan FOG masing-masing sebesar 89,61%, dan 89,53% pada hari ke 3 dan TSS sebesar 98,74% pada hari ke 5.
3. Teknologi *hybrid* CW belum efektif untuk mengurangi kadar pencemar pada limbah batik hasil perebusan dikarenakan *effluent hybrid* CW belum memenuhi baku mutu air untuk limbah industri tekstil dan klasifikasi mutu air baik kelas I, II, III, maupun IV. Kadar COD dan FOG masih memiliki selisih yang tinggi dengan nilai baku mutu yang telah ditetapkan.
4. Melakukan *pretreatment* untuk menghilangkan parafin/lilin dengan menggunakan *physical treatment*. Teknologi yang dapat ditawarkan adalah *buffle tank* untuk menghilangkan lilin, *dissolved air flotation* (DAF) dengan penambahan senyawa kimia alum dan *acidification* untuk menghilangkan FOG. Harapannya agar limbah yang masuk pada pengolahan *hybrid* CW lebih rendah kadar polutannya sehingga dapat terjadi peningkatan efisiensi. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah dari segi ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

Arifan, Fahmi, et al. (2018). Wastewater Treatment from Batik Industries Using TiO₂ Nanoparticles. *IOP Cons. Series: Earth and Environmental Science*.

Birgani, Payam Moradi, et al. (2016). An efficient and economical treatment of batik textile wastewater containing high levels of silicate and organic pollutants using a sequential process of acidification, magnesium oxide, and

palm shell-based active carbon application. *Elsevier Journal of Environmental Management*.

Cui, Lihua, et al. (2010). Removal of nutrients from wastewater with *Canna indica* L. under different vertical-flow constructed wetland conditions. *Elsevier Ecological Engineer*, 1083-1088.

Cule, Nevena, et al. (2016). Phytoremediation potential of *Canna Indica* L. in Water contaminated with lead. *FEB*, 25(11), 3728-3733.

Darsini, Indra Priya, et al. (2015). *Canna Indica* (L.): A Plant with Potential Healing Powers: A Review. *Int J Pharm Bio Sci*, 1-8.

Dehghani, et al. (2014). A Survey the Removal Efficient of Fat, Oil, and Grease in Shiraz Municipal Wastewater Treatment Plant. *Jentashapir J Health Res*.

Elzein, Z., Abdou, A., & Abd Elgawad, I. (2016). Constructed Wetland as a Sustainable Wastewater Treatment Method in Communities. *Elsevier : Procedia Environmental Sciences*, 34, 605-617.

Jayaweera, Mahesh W., et al. (2008). Contribution of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) grown under different nutrient conditions to Fe-removal mechanisms in constructed wetlands. *Elsevier Journal of Environmental Management*, 450-460.

Kamaruzaman, A. N., et al. (2011). Removal of Heavy Metals from Landfill Leachate Using Horizontal and Vertical Subsurface Flow Constructed Wetland Planted with *Limnocharis flava*. *International Journal of Civil and Environmental Engineer (IJCEE)*, 11.

Lee, Khai Ern, et al. (2015). Primary Treatment of Dye wastewater using Aloe vera-aided Aluminium and Magnesium Hybrid Coagulant. *ELSEVIER*, 56-61.

Melian, J. H. (2010). Hybrid constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in the Canary Islands. *Elsevier Ecological Engineering*, 891-899.

Meng, Panpan, et al. (2014). How to Increase Microbial Degradation in Constructed Wetlands: Influencing Factors and Improvement Measures. *Bioresource Technology of Environmental Toxicology*, 316-326.

Mthembu, MS, et al. (2013). Constructed Wetlands : A Future Alternative Wastewater Treatment Technology. *Academic Journals*.

Mukimin, Aris, et al. (2018). Performance of Bioequalization-electrocatalytic Integrated

- Method for Pollutants Removal of Hand-drawn Batik Wastewater. *ELSEVIER*, 77-83.
- Otieno, A. O. (2017). Affectiveness of the Horizontal, Vertical and Hybrid Subsurface Flow Constructed Wetland Systems In Polishing Municipal Wastewater. *Environmental Management and Sustainable Development*, 2.
- Panrare, A., Sohsalam, P., & Tondee, T. (2015). Constructed Wetland for Sewage Treatment and Thermal Transfer Reduction. *Elsevier : Energy Procedia*, 79, 567-575.
- Perdana, MC, et al. (2018). Vertical Subsurface Flow (VSSF) Constructed Wetland for Domestic Wastewater Treatment. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*.
- Permen LH RI. (2014). No. 5- Baku Mutu Air Limbah.
- PP RI. (2001). No. 82- Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.
- Rashidi, Hamid Reza, et al. (2013). *Synthetic batik wastewater pretreatment progress by using physical treatment* (Vol. 627). Malaysia: Advanced Materials Research.
- Sasmaz, A., Obek, E., & Hasar, H. (2008). The accumulation of heavy metals in *Typha latifolia* L. grown in a stream carrying secondary effluent. *Elsevier: Ecological Engineering*, 33, 278-284.
- Sembiring, Elsa T.J., et al. (2013). Optimization of Leachate Treatment Efficiency by Using Constructed Wetland. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1-10.
- Sharma, H. B., & Sinha, P. R. (2016). Performance Analysis of Vertical Flow Constructed Wetland to Treat Domestic Wastewater using Two Different Filter Media and Canna as a Plant. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(44), 1-7.
- Shelef, Oren, et al. (2013). Role Of Plants In A Constructed wetland: Current And New Perspectives. *MDPI Journal*.
- Sindilariu, P.-D. (2009). . Factors influencing the efficiency of constructed wetlands used for the treatment of intensive trout farm effluent. *Elsevier Ecological Engineering*, 711-722.
- Staufer, B., & Spuhler, D. (2018). Hybrid Constructed Wetland. *Sustainable Sanitation and Water Management Training*.
- Steelyana, E. (2012). Batik, A Beautiful Cultural Heritage That Preserve Culture And Support Ecomonic Development In Indonesia. *Binus Business Review*, 116-130.
- Sutrisno, & Wulandari, D. (2018). Multivariate Analysis of Varians (MANOVA) untuk Memperkaya Hasil penelitian pendidikan. *AKSIOMA*, 9(1), 37-53.
- UN-Habitat. (2008). *Constructed Wetland Manual*. Kathmandu: UN-Habitat Water for Asian Cities Programme.
- Wu, Haiming, et al. (2015). A review on the sustainability of constructed wetlands for wastewater treatment: Design and operation. *Bioresource Technology*.
- Yadav, Asheesh K, et al. (2012). Performance assement of innovative constructed wetland-microbial fuel cell for electricity production and dye removal. *ELSEVIER*, 47, 126-131.