

PRODUKSI AIR BERSIH DARI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR SONGKET MENGUNAKAN PROSES PEMISAHAN MEMBRAN BIOREAKTOR

M.H. Dahlan^{1*}, H. Chandra², P.Susmanto¹, Lifia¹ dan S. Zanadiya¹

¹ Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya, Palembang

² Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya, Palembang

Corresponding author: hattadahlan@ft.unsri.ac.id

ABSTRAK: Pengolahan limbah songket menggunakan membrane bioreactor merupakan terobosan baru dari penerapan teknologi membrane menggunakan mikroba pengurai limbah cair. Metode yang dipakai dalam mencapai tujuan penelitian ini menggunakan 3 proses yaitu proses adsorpsi menggunakan karbon aktif proses pemisahan menggunakan membran keramik berbasis komposisi campuran. Karbon aktif dari limbah biomassa diharapkan dapat menurunkan konsentrasi limbah cair kain songket. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi operasi pengolahan limbah cair songket terbaik dengan menggunakan membran *hollow fiber* polisulfon dengan variasi tekanan umpan membran (5 psig, 10 psig, dan 15 psig), waktu filtrasi (1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam), dan perlakuan (dengan biodegradasi dan tanpa biodegradasi). Hasil pengolahan limbah cair songket dibandingkan dengan parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solids* (TSS), dan pH. Baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan industri tekstil sudah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. Limbah cair songket diolah dengan menggunakan *pre-treatment* zeolit dan karbon aktif, kemudian difiltrasi oleh membran *hollow fiber* polisulfon yang memiliki ukuran pori-pori 5000 *Nominal Molecular Weight Cutoff*(NMWC). Biodegradasi limbah cair songket dilakukan dengan menggunakan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. BOD, COD, TSS, dan pH terbaik diperoleh pada pengolahan limbah cair songket dengan menggunakan membran *hollow fiber* polisulfon dengan biodegradasi pada waktu filtrasi 4 jam dan tekanan umpan 5 psig yang memiliki nilai masing-masing 31,2 mg/L; 73 mg/L; 18,9 mg/L; dan 6,28.

Kata Kunci: limbah cair songket, membran *hollow fiber* polisulfon, biodegradasi, *Pseudomonas aeruginosa*, BOD, COD, TSS, pH

ABSTRACT: One of the wastes produced from the process of producing Songket is liquid waste which produced from the colouring process of songket using chemical or synthetic dyes. The entry of dyes from waste into the waters has caused the physical and chemical characters of water resources to change. The aim of this study was to determine the operating conditions of the best songket wastewater treatment using hollow fibre polysulfone membrane with variations in membrane feed pressure (5 psig, 10 psig, and 15 psig), filtration time (1 h, 2 h, 3 h, and 4 h), and treatment (with biodegradation and without biodegradation). The results of songket wastewater treatment are compared with the parameters of *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solids* (TSS), and pH. Wastewater quality standards for textile industry businesses and/or activities regulated in the Minister of Environment Regulation Republic of Indonesia Number 5 of 2014. In this study, Songket liquid waste was treated using *pre-treatment* of zeolite and activated carbon, then filtered by polysulfone hollow fiber membrane which has a pore size of 5000 *Nominal Molecular Weight Cutoff* (NMWC). Biodegradation of songket liquid waste is carried out using the *Pseudomonas aeruginosa* bacteria. The best BOD, COD, TSS, and pH were obtained from songket wastewater treatment using hollow fiber polysulfone membrane with biodegradation at 4 h filtration time and 5 psig feed pressure which had a value of 31.2 mg/L; 73 mg/L; 18.9 mg/L; and 6.28 respectively.

Keywords: *Jumputan/songket liquid waste, polysulfone, hollow fiber membrane, biodegradation, Pseudomonas aeruginosa, BOD, COD, TSS, pH*

PENDAHULUAN

Kain Songket merupakan kain tenunan tradisional Palembang yang ditunen dengan benang emas dan perak dan umumnya digunakan pada acara resmi semakin dikenal. Keberadaan songket menjadi daya tarik tersendiri bagi masyarakat di luar kota Palembang ataupun mancanegara pada umumnya.

Masuknya zat warna dari limbah ke perairan mengakibatkan karakter fisika dan kimia dari sumber daya air berubah. Agar dapat memenuhi baku mutu, limbah cair harus diolah secara terpadu. Untuk mengatasi permasalahan limbah tersebut di atas diperlukan suatu metode pengolahan limbah yang inovasi, modern dan efektif sebelum limbah cair tersebut dibuang ke lingkungan. Oleh karena itu, pengolahan limbah dengan menggunakan metode biodegradasi oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* diharapkan dapat mengurangi kandungan BOD, COD, TDS, TSS serta pH limbah cair songket.

Adapun hal yang mendasari penelitian ini, sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh tekanan umpan terhadap BOD, COD, TDS, TSS, dan pH limbah
2. Bagaimana pengaruh waktu filtrasi terhadap BOD, COD, TDS, TSS, dan pH limbah
3. Bagaimana pengaruh biodegradasi oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* terhadap BOD, COD, TDS, TSS, dan pH limbah

Limbah Cair Songket

Proses pemberian warna atau *dyeing* pada industri songket menghasilkan limbah cair. Proses ini memerlukan bahan kimia dan air yang berguna sebagai media pelarut. Proses pewarnaan tekstil menyisakan zat-zat tersebut di dalam air bekas rendaman pewarna karena hanya sebagian zat tersebut yang teradsorpsi oleh bahan tekstil dan tetap berada dalam tekstil sampai proses pewarnaan selesai. Air dengan sisa pewarna tersebut selanjutnya menjadi limbah cair yang menimbulkan polusi secara visual dan dapat menyebabkan peningkatan resiko kerusakan lingkungan dan masalah kesehatan. Senyawa azo dan turunannya yang umum terdapat dalam pewarna tekstil sulit terdegradasi dan memiliki sifat karsinogenik dan mutagenik, sehingga dapat menjadi sumber penyakit (Atikah, 2016).

Membran Polisulfon

Polisulfon adalah polimer yang sangat baik untuk fabrikasi membran dengan sifat mekanik, listrik dan tahan kimia yang tinggi. Polimer ini relatif konstan selama

rentang temperatur yang luas dari 150°F hingga 300°F. Pembuatan membran ultrafiltrasi dari campuran polisulfon mengarah ke berbagai struktur asimetrik berpori yang dikendalikan dengan mengubah komposisi campuran dari larutan membran (Peinemann dan Nunes, 2001).

Bioreaktor

Bioreaktor adalah alat penanganan limbah secara biologi dengan memanfaatkan peran mikroba pengurai dalam metabolismenya menghasilkan enzim. Enzim-enzim yang diproduksi bakteri berupa hidrolitik ekstraseluler, yaitu enzim yang diekskresi ke luar sel dan dapat mengurai substrat tertentu. Enzim mempunyai kemampuan unik untuk mempercepat reaksi kimia tanpa ikut dikonsumsi atau berubah setelah reaksi selesai (Madigan, dkk., 2003).

Bakteri *Pseudomonas Aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa tersebar luas di alam dan biasanya ada di lingkungan lembab di rumah sakit. *Pseudomonas aeruginosa* merupakan batang Gram negatif berukuran $0,6 \times 2 \mu\text{m}$ dan terlihat sebagai bentuk tunggal, ganda dan kadang-kadang dalam rantai pendek serta bergerak dengan flagel. *Pseudomonas aeruginosa* bersifat aerobik obligat yang tumbuh dengan cepat pada berbagai tipe media. *Pseudomonas aeruginosa* tumbuh baik pada 37–42°C, pertumbuhan pada 42°C membantu membedakannya dari spesies pseudomonas pada kelompok fluoresen; bersifat oksidase positif (Brooks, dkk., 2005).

Baku Mutu Limbah

Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam media air dari suatu usaha dan/atau kegiatan. Tabel 1 merupakan baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan industri tekstil yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah (Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014).

Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk memecahkan bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air. Oksigen yang

dikonsumsi dalam uji BOD dapat diketahui dengan menginkubasikan contoh air pada suhu 20°C selama lima hari. Untuk memecahkan bahan-bahan organik tersebut secara sempurna pada suhu 20°C sebenarnya dibutuhkan waktu lebih dari 20 hari, tetapi untuk praktisnya diambil waktu lima hari sebagai standar. Inkubasi selama 5 hari tersebut hanya dapat mengukur kira-kira 68% dari total BOD (Muhajir, 2013).

Tabel 1 Baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan industri tekstil

Parameter	Kadar Paling Tinggi
BOD ₅	60 mg/L
COD	150 mg/L
TSS	50 mg/L
Fenol Total	0,5 mg/L
Krom total (Cr)	1,0 mg/L
Amonia total (NH ₃ -N)	8,0 mg/L
Sulfida (sebagai S)	0,3 mg/L
Minyak dan lemak	3,0 mg/L
pH	6,0–9,0
Debit limbah	100 m ³ /ton produksi tekstil

(Sumber: Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014)

Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel air, dimana pengoksidanya adalah K₂Cr₂O₇ atau KMnO₄. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Sebagian besar zat organik melalui tes COD ini dioksidasi oleh K₂Cr₂O₇ dalam keadaan asam yang mendidih optimum (Muhajir, 2013).

Total Suspended Solids (TSS)

Total Suspended Solids (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Bagian yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur. TSS umumnya dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan. TSS memberikan kontribusi untuk kekeruhan (*turbidity*) dengan membatasi penetrasi cahaya untuk fotosintesis dan visibilitas di perairan sehingga nilai

kekeruhan tidak dapat dikonversi ke nilai TSS (Muhajir, 2013).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian pengolahan limbah cair songket dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi dan Laboratorium Genetika dan Bioteknologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.. Limbah cair songket yang digunakan sebagai umpan diambil dari sentra kerajinan tenun di Palembang.

Prosedur Penelitian

Percobaan dilakukan dengan mengolah limbah cair songket dengan menggunakan membran polisulfon serta biodegradasi oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan membran polisulfon.

Biodegradasi Limbah Cair Songket oleh Bakteri *Pseudomonas Aeruginosa*

1. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* diinokulasi dari kultur ke dalam larutan NaCl 0,85% dan diinkubasi pada temperatur 37°C selama 3 jam.
2. Atur pH limbah cair songket 7 ± 0,2.
3. Medium berupa 3 g dekstrosa; 21 g K₂HPO₄; 6 g KH₂PO₄; 1,5 g sodium sitrat; 0,3 g MgSO₄; dan 3 g (NH₄)₂SO₄ ditimbang dan dimasukkan ke dalam 3 L limbah cair songket.
4. Limbah cair songket beserta medium disterilisasi dengan autoklaf pada temperatur 121°C selama 15 menit.
5. 18,75 mL bakteri *Pseudomonas aeruginosa* diinokulasi dalam larutan NaCl 0,85% ke dalam limbah cair songket yang telah disterilisasi.
6. Limbah cair songket yang telah diinokulasi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* diinkubasi dalam *shaker incubator* pada temperatur 37°C selama 7 hari.

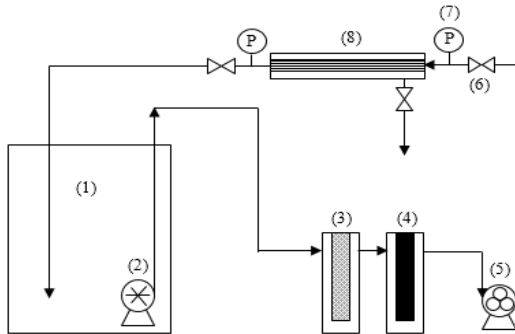
Pengolahan Limbah Cair Songket dengan Menggunakan Membran Polisulfon

Pengolahan limbah cair songket berlangsung secara kontinu selama variasi waktu (1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam). Umpan dialirkan masuk ke dalam *housing filter*. Limbah cair songket difiltrasi oleh zeolit dan karbon aktif sebagai *pre-treatment* dan dialirkan oleh pompa peristaltik dengan laju alir 100 mL/menit ke membran *hollow fiber* ultrafiltrasi polisulfon. Keran umpan masuk ke membran dan keran retentat diatur untuk mengatur tekanan umpan masuk ke membran (5 psig, 10 psig, 15 psig). Retentat

keluaran membran polisulfon dialirkan kembali ke wadah umpan. Setelah waktu filtrasi selesai, pompa dimatikan dan volume permeat diukur.

Rangkaian Alat Penelitian

Rangkaian alat penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Keterangan:

- (1) Tangki umpan
- (2) Pompa
- (3) Filter zeolit
- (4) Filter karbon aktif
- (5) Pompa peristaltik
- (6) Keran
- (7) Pressure gauge
- (8) Membran

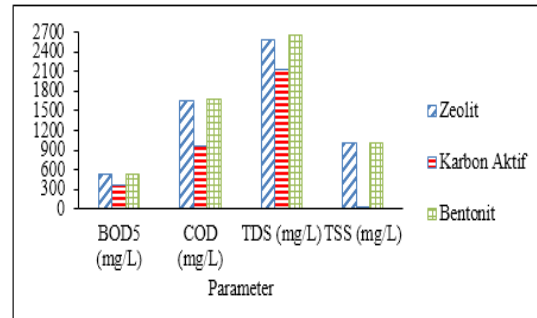
Gambar 1 Rangkaian alat penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

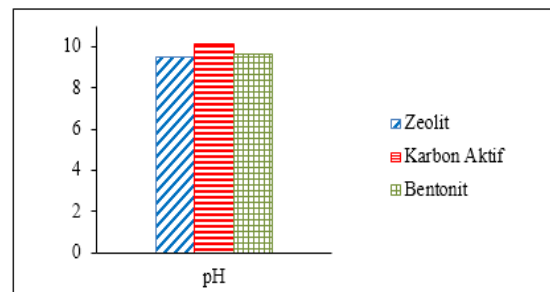
Cara Konvensional

Proses yang dilakukan pada cara konvensional yaitu dengan mengaliri limbah cair songket yang melewati penyaringan yang berisi berbagai arang aktif, zeolit, dan bentonit. Tujuan perlakuan ini yaitu untuk mengetahui kemampuan tiap-tiap bahan *filter* dalam mengolah limbah cair songket tanpa menggunakan bantuan membran. Metode yang dilakukan yaitu dengan membuat alat saringan sederhana yang terdiri dari busa dan bahan *filter* yang masing-masing setebal 4 cm. Proses penyaringan dilakukan dengan mengalirkan limbah cair songket sebanyak 1 liter secara vertikal searah dengan gaya gravitasi. Kendala yang dapat terjadi dalam pengolahan limbah cair songket dengan cara konvensional adalah penyusunan busa dan bahan *filter* yang tidak padat, sehingga dapat menyebabkan bahan filter terikut keluar bersama air keluaran *sand filter*. Perbandingan hasil

pengolahan limbah cair songket dengan cara konvensional ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2 Perbandingan BOD, COD, TDS, dan TSS dari hasil pemisahan limbah cair cara konvensional



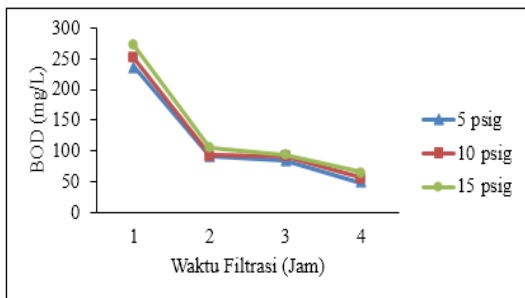
Gambar 3 Perbandingan pH dari hasil pemisahan limbah cair songket oleh berbagai bahan filter pada metode konvensional

Pada Gambar 2 dapat terlihat bahwa karbon aktif memiliki keunggulan dalam pengolahan limbah cair songket menurut parameter BOD, COD, TDS, dan TSS, yaitu dengan nilai masing-masing 357 mg/L, 950 mg/L, 2121 mg/L, dan 43 mg/L. Hal ini dikarenakan karbon aktif memiliki kemampuan mengadsorpsi zat warna yang merupakan pencemar utama dalam limbah cair songket. Zeolit dapat menurunkan COD dan pH karena dapat berfungsi sebagai *cation exchanger*. Oleh karena itu, digunakan filter zeolit dan karbon aktif untuk *pre-treatment* limbah cair songket sebelum disaring oleh membran.

Nilai pH *inlet* sebesar 9,82 terjadi perubahan pada hasil pengolahan tiap-tiap jenis bahan *filter* yang digunakan. *Outlet* hasil pengolahan menggunakan zeolit mengalami penurunan menjadi 9,48. Nilai pH dengan menggunakan bentonit mengalami penurunan yaitu 9,42. Sementara nilai pH pada arang aktif mengalami kenaikan yaitu menjadi 10,14. Hal ini disebabkan karena pada proses pembuatan arang aktif berbahan baku tempurung kelapa digunakan basa kuat yaitu larutan NaOH untuk mengekstrak kandungan mineral silika dari tempurung kelapa.

Membran Hollow Fiber Polisulfon

Hubungan waktu dengan tekanan umpan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Tampak penurunan BOD terhadap waktu *running*

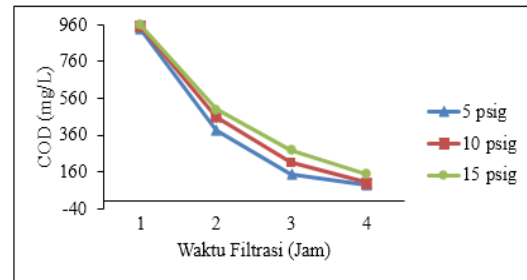
Nilai BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) pada limbah cair songket adalah 531 mg/L. Nilai ini jelas sangat jauh dari nilai ambang batas yang diperbolehkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau pengolahan industri tekstil standar BOD-nya adalah 150 mg/L. Tingginya nilai BOD pada sampel awal ini disebabkan karena penggunaan pewarna tekstil yang digunakan (Procion merah), deterjen untuk mencuci benang, dan air sumur. Penurunan BOD setelah pengolahan dapat terlihat pada grafik diatas.

Pada kondisi tekanan 10 psig didapatkan hanya sampel hasil pengolahan dengan perlakuan lama waktu kontak 4 jam yang memenuhi baku mutu lingkungan. Sementara itu, pada seluruh variasi lama waktu kontak dengan tekanan operasi 15 psig tidak ada hasil sampel yang memenuhi nilai baku mutu limbah yang diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan. Hasil terbaik didapatkan pada lama waktu kontak 4 jam dengan tekanan operasi 5 psig dimana nilai BOD-nya 48,3 mg/L. Pada grafik dapat dilihat bahwa penurunan BOD paling efektif pada penggunaan membran dengan kondisi operasi tekanan 5 psig dan waktu 4 jam. Penurunan kadar BOD pada air limbah songket cair setelah filtrasi disebabkan karena membrane *hollow fiber* polisulfon merupakan jenis membrane ultrafiltrasi yang mempunyai pori-pori yang luas sehingga dapat menyerap zat organik yang terlarut dalam limbah cair songket secara optimal.

Penggunaan Membran

Penurunan COD

Gambar 5 menunjukkan penurunan COD menggunakan membran *hollow fiber* polisulfon dengan variasi waktu dan tekanan umpan.



Gambar 5 Penurunan COD terhadap waktu

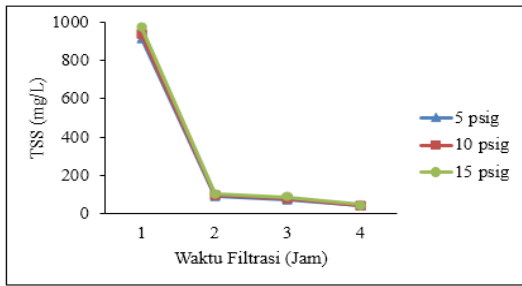
COD atau *Chemical Oxigent Demand* adalah kebutuhan oksigen kimia (jumlah O_2 dalam mg) untuk mengoksidasi zat-zat organik dalam 1 liter air. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikroorganisme dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Hasil terbaik didapat pada membran dengan kondisi operasi tekanan 5 psig dan waktu operasi 4 jam yaitu 85 mg/L.

Dari grafik di atas terlihat bahwa hasil dari pengolahan dengan menggunakan variasi perlakuan kondisi operasi tekanan 15 psig dan waktu operasi 1 jam didapatkan sampel dengan nilai COD yang paling tinggi yaitu 959,1 mg/L. Sementara dengan variasi perlakuan kondisi operasi tekanan 5 psig dan waktu operasi 4 jam didapatkan sampel dengan nilai COD yang paling rendah. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan daya serap senyawa organik oleh sampel B4a adalah yang paling baik. Semakin lama waktu operasi, maka penurunan nilai COD akan semakin besar. Sementara, semakin besarnya tekanan yang digunakan menyebabkan daya serap pada membran semakin rendah.

Penurunan TSS

Dampak TSS terhadap perairan adalah ketika nilainya besar atau melebihi batas toleransi dari pemerintah, maka akan menyebabkan terhambatnya proses masuknya sinar matahari ke dalam perairan, sehingga menghambat proses fotosintesis dalam air, dan berdampak pada berkurangnya kadar oksigen dalam perairan, sehingga bakteri aerobik akan cepat mati kekurangan oksigen.

Gambar 6 menunjukkan penurunan TSS dari hasil pengolahan limbah cair songket dengan menggunakan membran *hollow fiber* polisulfon dengan variasi waktu dan tekanan umpan.

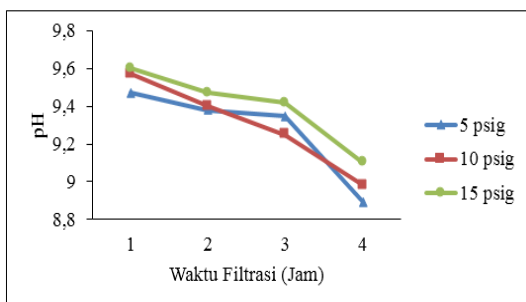


Gambar 6 Penurunan TSS terhadap waktu

Dari Gambar 5 dapat diketahui bahwa semakin lama waktu filtrasi atau waktu kontak limbah cair songket dengan membran *hollow fiber* polisulfon, maka semakin rendah nilai TSS limbah. Proses filtrasi pada membran *hollow fiber* polisulfon berfungsi untuk menyaring dan menangkap bahan-bahan padat, bahan-bahan yang terlarut, dan bahan-bahan yang tersuspensi yang terdapat pada air limbah tahu cair. Filtrasi pada membran terjadi secara parsial dimana partikel TSS yang lebih besar dari ukuran pori membran akan ditolak, sehingga tidak dapat melewati membran sedangkan untuk partikel yang lebih kecil dari pada pori membran akan lolos melewati membran.

Penurunan pH

Gambar 7 menunjukkan penurunan pH dari hasil pengolahan limbah cair songket dengan menggunakan membran *hollow fiber* polisulfon dengan variasi waktu dan tekanan umpan.



Gambar 7 Penurunan pH terhadap waktu

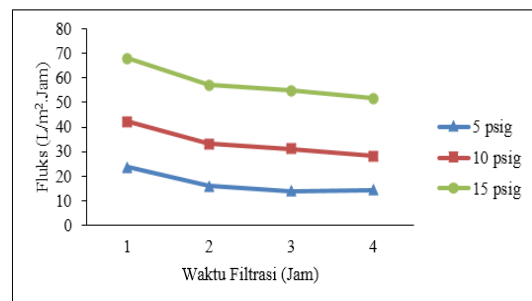
pH limbah cair songket bersifat basa, yaitu 9,82. Hal ini terutama disebabkan oleh adanya kandungan deterjen dalam limbah cair songket. Deterjen merupakan zat yang bersifat basa dan terdapat di dalam limbah cair songket karena adanya proses perendaman benang selama semalam sebelum dicelupkan ke dalam larutan pewarna. Benang yang telah direndam dengan deterjen tidak dibilas dengan air terlebih dahulu, sehingga masih ada pada benang dan bercampur dengan larutan pewarna sisa setelah proses pewarnaan benang selesai. pH limbah cair songket dapat menurun setelah diolah dengan

menggunakan membran *hollow fiber* polisulfon karena deterjen yang terkandung dalam limbah cair songket diadsorpsi pada *pre-treatment* oleh zeolit dan karbon aktif serta difiltrasi oleh membran.

pH limbah cair songket yang telah diolah dengan menggunakan membran *hollow fiber* polisulfon cenderung lebih rendah dengan semakin rendahnya tekanan. pH limbah cair songket terendah diperoleh pada tekanan 5 psig dan waktu filtrasi 4 jam, yaitu 8,89. Hal ini dikarenakan tekanan yang lebih rendah dapat menahan molekul deterjen lebih banyak dari tekanan yang lebih tinggi. Semakin lama waktu filtrasi juga menyebabkan pH limbah cair songket semakin menurun karena waktu kontak limbah cair songket dengan zeolit dan karbon aktif yang lebih lama menyebabkan penurunan pH limbah cair songket terjadi berkali-kali.

Fluks

Fluks menunjukkan jumlah volume air yang lewat pada suatu luas permukaan tertentu per satuan waktu yang dipengaruhi oleh gaya dorong berupa tekanan. Fluks menurun dengan berjalannya waktu, bahkan pada filtrasi air bersih. Penurunan fluks yang cepat pada pemrosesan aliran dalam *total recycle* mengindikasikan bahwa laju resirkulasi terlalu rendah atau adanya *foulant* yang menutupi pori-pori membran (GE Healthcare, 2004). Gambar 8 menunjukkan fluks dengan variasi tekanan umpan dan waktu filtrasi.



Gambar 8 Penurunan fluks terhadap waktu

Penurunan fluks seiring dengan bertambahnya waktu yang dapat dilihat pada waktu 1 jam hingga 4 jam tampak bahwa fluks mengalami penurunan, hal ini dikarenakan adanya endapan partikel-partikel terlarut pada pori-pori permukaan membran yang disebut dengan *fouling*. Fluks terendah diperoleh pada pengolahan limbah cair songket pada tekanan umpan 5 psig dan waktu filtrasi 3 jam, yaitu 13,8095 L/m².jam, sedangkan fluks tertinggi diperoleh pada tekanan umpan 15 psig selama 1 jam dengan nilai 68 L/m².jam.

Membran dibersihkan dengan cara dibilas dan di-*backwash* dengan menggunakan aquades setiap variasi sampel selesai diproses untuk mengembalikan fluks

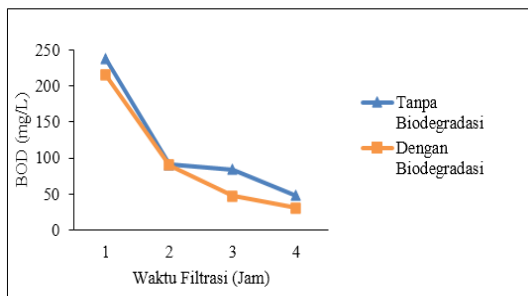
permeat membran. Fluks permeat pada variasi tekanan umpan 5 psig dan waktu filtrasi 3 jam lebih rendah (B3a) dari fluks pada tekanan umpan yang sama dan waktu filtrasi 4 jam (B4a) yang bernilai 14,2857 L/m².jam karena kurang efektifnya pembersihan membran yang dilakukan sebelum memulai proses dengan variasi sampel B3a, sehingga masih terdapat *foulant* yang menutupi pori-pori membran.

Nilai fluks membran mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan tekanan. Hal ini dikarenakan membran ultrafiltrasi berfungsi dengan adanya tekanan sebagai gaya dorong. Semakin tinggi tekanan, maka gaya dorong yang dihasilkan agar cairan dapat keluar dari *fiber* ke sisi *shell* melalui pori-pori membran semakin tinggi, sehingga volume permeat yang dihasilkan lebih banyak pada tekanan yang lebih tinggi dan fluks permeat meningkat.

Membran Bioreaktor Bakteri *Pseudomonas Aeruginosa*

Penurunan BOD

Gambar 9 menunjukkan pengaruh biodegradasi terhadap BOD pada tekanan 5 psig.

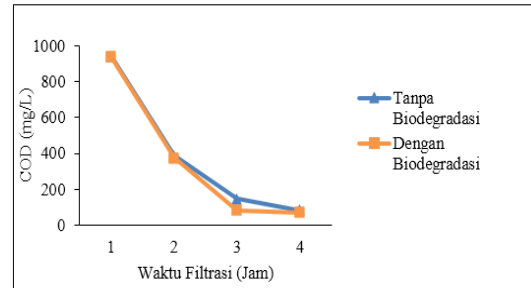


Gambar 9 Penurunan BOD pada Tekanan 5 psig Terhadap waktu

Limbah cair songket dapat didegradasi oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, sehingga BOD limbah songket dari hasil pengolahan dengan metode membran dengan biodegradasi lebih rendah dari metode membran tanpa biodegradasi. Pada limbah songket dengan menggunakan biodegradasi, baku mutu limbah industri tekstil berdasarkan parameter BOD telah dapat dipenuhi pada waktu filtrasi 3 jam, sedangkan pada metode tanpa biodegradasi baru dapat dipenuhi pada waktu filtrasi 4 jam. Nilai BOD terendah diperoleh pada pengolahan limbah cair songket dengan biodegradasi pada waktu filtrasi 4 jam dan tekanan 5 psig, yaitu 31,2 mg/L. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang terdapat dalam limbah cair songket setelah biodegradasi dapat tertahan oleh membran *hollow fiber* polisulfon, sehingga tidak menyebabkan BOD meningkat.

Penurunan COD

Gambar 10 menunjukkan pengaruh biodegradasi terhadap COD pada pengolahan limbah cair songket dengan menggunakan membran *hollow fiber* polisulfon pada tekanan 5 psig.

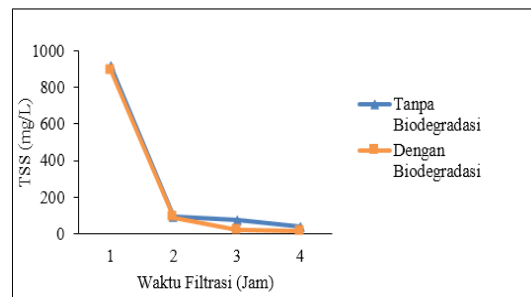


Gambar 10 Pengaruh biodegradasi terhadap COD dari hasil pengolahan limbah cair songket dengan metode membran pada tekanan 5 psig

Limbah cair songket dapat didegradasi oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, sehingga COD limbah songket dari hasil pengolahan dengan metode membran dengan biodegradasi lebih rendah dari metode membran tanpa biodegradasi. Nilai COD terendah diperoleh pada pengolahan limbah cair songket dengan biodegradasi pada waktu filtrasi 4 jam dan tekanan 5 psig, yaitu 73 mg/L.

Penurunan TSS

Gambar 11 menunjukkan pengaruh biodegradasi terhadap TSS pada pengolahan limbah cair songket dengan menggunakan membran *hollow fiber* polisulfon pada tekanan 5 psig.



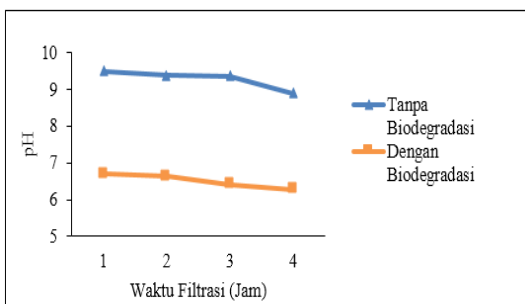
Gambar 11 Pengaruh biodegradasi terhadap TSS dari hasil pengolahan limbah cair songket dengan metode membran pada tekanan 5 psig

Limbah cair songket dapat didegradasi oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, sehingga TSS limbah songket dari hasil pengolahan dengan metode membran dengan biodegradasi lebih rendah dari metode membran tanpa

biodegradasi. Pada limbah songket dengan menggunakan biodegradasi, baku mutu limbah industri tekstil berdasarkan parameter TSS telah dapat dipenuhi pada waktu filtrasi 3 jam, sedangkan pada metode tanpa biodegradasi baru dipenuhi pada waktu filtrasi 4 jam. Nilai TSS terendah diperoleh pada pengolahan limbah cair songket dengan biodegradasi pada waktu filtrasi 4 jam dan tekanan 5 psig, yaitu 18,9 mg/L

Penurunan Terhadap pH

Gambar 12 menunjukkan pengaruh biodegradasi terhadap pH pada pengolahan limbah cair songket dengan menggunakan membran *hollow fiber* polisulfon pada tekanan 5 psig.

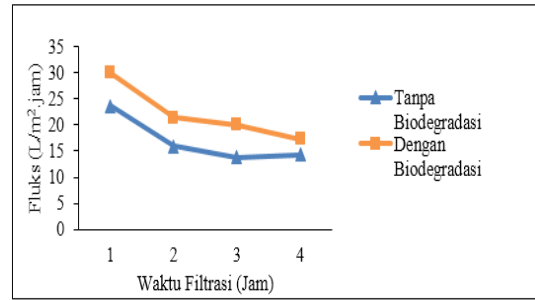


Gambar 12 Pengaruh biodegradasi terhadap pH dari hasil pengolahan limbah cair songket dengan metode membran pada tekanan 5 psig

Pada limbah songket dengan menggunakan biodegradasi, baku mutu limbah industri tekstil berdasarkan parameter pH telah dapat dipenuhi pada waktu filtrasi 1 jam, sedangkan pada metode tanpa biodegradasi baru dapat dipenuhi pada waktu filtrasi 4 jam. Hal ini dikarenakan adanya pengaturan pH menjadi netral ($7 \pm 0,2$) sebelum dilakukan proses biodegradasi. Selain itu, aktivitas bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang menghasilkan asam saat mendegradasi limbah cair songket juga menyebabkan pH semakin menurun. Nilai pH terendah diperoleh pada pengolahan limbah cair songket dengan biodegradasi pada waktu filtrasi 4 jam dan tekanan 5 psig, yaitu 6,28.

Penurunan Fluks

Gambar 13 menunjukkan pengaruh biodegradasi terhadap fluks pada pengolahan limbah cair songket dengan menggunakan membran *hollow fiber* polisulfon pada tekanan 5 psig. Fluks pada pengolahan limbah cair songket dengan biodegradasi lebih rendah dari fluks tanpa biodegradasi karena adanya bakteri *Pseudomonas aeruginosa* di dalam limbah songket menyebabkan *fouling* yang lebih tinggi pada membran.



Gambar 13 Penurunan fluks terhadap waktu *running* pada tekanan 5 psig

Molekul berukuran besar dalam limbah cair songket dapat tertahan pada filter zeolit dan karbon aktif, namun bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang berukuran kecil tidak dapat ditahan oleh filter sehingga tertahan pada pori-pori membran dan tidak terikut ke permeat. Fluks tertinggi diperoleh pada pengolahan limbah cair songket dengan metode membran dengan biodegradasi pada tekanan 5 psig dan waktu filtrasi 1 jam, yaitu 30 L/m².jam, sedangkan fluks permeat terendah diperoleh pada metode membran tanpa biodegradasi pada tekanan 5 psig dan waktu filtrasi 4 jam, yaitu 14,2857 L/m².jam.

KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Tekanan umpan terbaik pada pengolahan limbah cair songket dengan menggunakan membran *hollow fiber* polisulfon adalah 5 psig karena semakin rendah tekanan umpan sebagai gaya dorong membran maka semakin kecil molekul yang dapat melewati pori-pori membran.
2. Waktu filtrasi terbaik pada pengolahan limbah cair songket dengan menggunakan membran *hollow fiber* polisulfon adalah 4 jam. Hal ini disebabkan karena semakin lama proses filtrasi oleh membran, maka parameter BOD₅, COD, TDS, TSS, dan pH semakin rendah.
3. Pengolahan limbah cair songket dengan menggunakan membran *hollow fiber* polisulfon yang didahului dengan biodegradasi oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* menghasilkan parameter BOD₅, COD, TDS, TSS, dan pH yang lebih rendah dari pengolahan limbah cair songket dengan menggunakan membran tanpa biodegradasi.
4. Kondisi operasi terbaik pada pengolahan limbah cair songket dengan menggunakan membran dengan biodegradasi adalah pada tekanan umpan 5 psig dan waktu filtrasi 4 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Atikah. (2016). Penurunan Kadar Fenol dalam Limbah Cair Industri Tenun Songket dengan Proses Elektrokoagulasi. *Jurnal Redoks*. Vol. 1(2): 6–15.
- Brooks, G. F., Butel, J. S., dan Morse, S. A. (2005). *Medical Microbiology*. New York: McGraw Hill.
- GE Healthcare. (2004). *Operating Handbook: Hollow Fiber Cartridges for Membrane Separation*. Buckinghamshire: GE Healthcare.
- Madigan, M. T., Martinko, J., dan Parker, J. (2003). *Brock Biology of Microorganisms 10th Edition*. New York: Pearson Education.
- Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Muhajir, M. S. (2013). *Penurunan Limbah Cair BOD dan COD pada Industri Tahu Menggunakan Tanaman Cattail (Typha angustifolia) dengan Sistem Constructed Wetland*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Peinemann, K. V. dan Nunes, S. P. (2001). *Membrane Technology in Chemical Industry*. New York: Wiley.