

**Penyisihan Surfaktan dari Limbah Laundry dengan Media Artifisial Kapur-Semen****Silvana Herrari<sup>1</sup>, Agus Slamet<sup>2</sup>, Ipung Fitri Purwanti<sup>3</sup>**

Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surel: <sup>1</sup>silvanaherrari@gmail.com, <sup>2</sup>agus.tlits@gmail.com**ABSTRAK**

Air limbah *laundry* yang tidak diolah dapat berdampak buruk pada keseimbangan ekosistem badan air. Air limbah *laundry* yang banyak mengandung surfaktan akan mengakibatkan pembusaan pada badan air. Kapur telah dikenal dapat menyisihkan surfaktan melalui proses koagulasi-flokulasi. Penggaraman surfaktan dengan media artifisial kapur-semen sebagai media *roughing filter* perlu dikembangkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan diameter media artifisial kapur-semen dan beban hidrolis optimum. Sampel air limbah *laundry* diambil dari salah satu usaha *laundry* di Kelurahan Kebonsari Surabaya. Penelitian diawali dengan menganalisis karakteristik sampel air limbah *laundry*. Penelitian dilakukan secara kontinyu dengan variasi diameter media artifisial kapur-semen (5 mm dan 10 mm) dan debit (Q1 dan Q2). Variasi debit digunakan untuk menentukan nilai beban hidrolis optimum. Garam yang terbentuk diendapkan menggunakan *sand filter*. Parameter yang digunakan dalam penelitian kontinyu adalah surfaktan dan pH. Selanjutnya dilakukan analisis perubahan konsentrasi parameter dan pengaruh diameter media-beban hidraulik terhadap efisiensi penyisihan surfaktan menggunakan perangkat lunak Minitab 16.1.0.0. Karakteristik awal sampel air limbah *laundry* mengandung surfaktan sebesar 18,32 mg/L dan pH 8,3. Media artifisial kapur-semen dengan diameter 5 mm dan debit 240 mL/menit atau beban hidrolis 0,029 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.menit menunjukkan penyisihan surfaktan pada air limbah *laundry* yang paling baik yaitu sebesar 69,81%. Faktor diameter dan debit memiliki efek yang signifikan dalam menyisihkan surfaktan. Interaksi antar faktor diameter dan debit tidak memiliki efek yang signifikan dalam menyisihkan surfaktan.

**Kata kunci**Kapur,  
*Laundry*,  
Media,  
Penggaraman,  
Surfaktan**PENDAHULUAN**

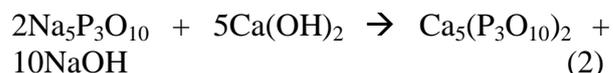
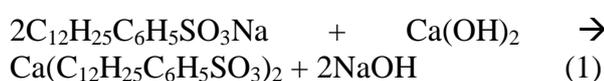
Kegiatan *laundry* menghasilkan air limbah yang mengandung konsentrasi senyawa kimia yang tinggi dari penggunaan sabun dan deterjen, *suspended solid*, dan minyak<sup>[1]</sup>. Kegiatan *laundry* rata-rata menggunakan 15 L air untuk 1 kg proses

pencucian dan membuang air limbah sebanyak 400 m<sup>3</sup> per hari<sup>[2]</sup>. Komponen utama dari deterjen adalah surfaktan yang memiliki kemampuan menyisihkan partikulat dan padatan berminyak. *Linear Alkyl Benzene Sulfonate* (LAS) adalah anion surfaktan utama yang digunakan pada deterjen<sup>[3]</sup>. Deterjen

juga mengandung fosfat untuk meningkatkan daya pembersih yang lebih besar dengan menyisihkan ion kalsium dan magnesium yang berada dalam air<sup>[4]</sup>. Surfaktan yang banyak digunakan di Indonesia adalah jenis LAS yang penyusun utamanya adalah senyawa *sodium dodecylbenzene sulfonate* (NaDBS) dan *sodium tripolyphosphate* (STPP)<sup>[5]</sup>.

Kandungan pencemar yang tinggi pada air limbah *laundry* dapat berdampak terhadap kehidupan biota air. Efek beracun air limbah *laundry*<sup>[1]</sup> dibagi berdasarkan sumber pencemar yaitu deterjen, surfaktan, dan *oil/grease*. Deterjen dapat menghancurkan selaput lendir ikan dan beracun terhadap ikan pada konsentrasi mendekati 15 ppm. Surfaktan dapat menimbulkan busa pada air permukaan yang dapat mengurangi transfer oksigen pada air<sup>[6]</sup>. *Oil/grease* mempengaruhi transparansi dan kandungan *Dissolved Oxygen* (DO) air. Fosfat yang terkandung dalam deterjen dapat mengakibatkan eutrofikasi di badan air. Eutrofikasi terjadi akibat kelebihan nutrisi pada lingkungan sehingga meningkatkan pertumbuhan alga yang dapat mengganggu keseimbangan daya dukung terhadap biota air<sup>[4]</sup>.

Air limbah *laundry* yang banyak mengandung surfaktan dapat diolah melalui proses koagulasi-flokulasi<sup>[3]</sup>, adsorpsi<sup>[7]</sup>, dan biologis<sup>[7]</sup>. Proses adsorpsi efektif dilakukan jika konsentrasi polutan yang akan diolah rendah<sup>[7],[8]</sup>. Proses biologis memiliki biaya operasional yang lebih rendah dibanding dengan proses kimia, tetapi membutuhkan waktu reaksi yang lama dan resiko kematian biomassa<sup>[7]</sup>. Metode penurunan surfaktan dapat menggunakan proses penggaraman dengan ion-ion  $\text{Ca}^{2+}$ . Kapur banyak digunakan sebagai koagulan efektif untuk menyisihkan surfaktan dengan proses penggaraman<sup>[5]</sup>. Senyawa NaDBS dan STTP dapat membentuk endapan bila bereaksi dengan logam alkali tanah dan logam transisi. Reaksi antara NaDBS dan STTP dengan logam alkali tanah adalah<sup>[5]</sup>:



Kelemahan dari proses tersebut adalah terbentuknya volume lumpur yang banyak, sehingga dibutuhkan penelitian teknologi pengolahan air limbah *laundry* yang dapat berjalan lebih efisien.

Proses penggaraman surfaktan dengan menggunakan filter media berbutir yang mengandung Ca perlu dikembangkan. Media artifisial berbutir dari campuran kapur-semen mampu melepaskan ion  $\text{Ca}^{2+}$  yang akan bereaksi dengan surfaktan. Kelebihan dari penggunaan media artifisial kapur-semen ini adalah penggunaannya yang mudah bagi pelaku usaha *laundry*. Penggunaan filter tidak memerlukan peralatan mekanik yang canggih<sup>[9]</sup>. Konsep filter yang digunakan pada penelitian ini adalah *roughing filter* (RF). Biasanya RF digunakan untuk menurunkan kekeruhan dan padatan tersuspensi di dalam air. Air dilewatkan pada bak dengan media kasar seperti kerikil, *limestone*, atau gerabah. RF memiliki kapasitas tempat pengendapan parikulat yang besar dan *headloss* yang rendah karena porinya yang besar<sup>[9]</sup>. RF dengan media artifisial kapur-semen dapat menjadi media koagulasi-flokulasi sekaligus pengendapan<sup>[8],[10]</sup>. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kemampuan media artifisial kapur-semen dalam menyisihkan surfaktan.

## METODE PENELITIAN

Variasi diameter media artifisial kapur-semen yang digunakan adalah 5 dan 10 mm. Variasi diameter media artifisial berdasarkan<sup>[11]</sup> yang menggunakan media filter berukuran 2,5 – 10 mm untuk mencegah *clogging*. Variasi debit yang digunakan adalah Q1 dan Q2. Variasi debit digunakan untuk menentukan nilai beban hidrolis optimum. Pada pembahasan selanjutnya akan menggunakan penjelasan variasi debit untuk memudahkan interpretasi. Variasi debit yang masuk pada reaktor berdasarkan kriteria desain kecepatan filtrasi RF (0,3 – 1,5 m/jam)<sup>[12]</sup>.

Berikut adalah perhitungan debit yang masuk ke filter,

$$\begin{aligned} \text{Lebar reaktor} &= 12 \text{ cm} \\ \text{Tinggi reaktor} &= 7 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang reaktor} &= 1 \text{ m} = 100 \text{ cm} \\ \text{Luas penampang filter (A)} &= 12 \text{ cm} \times 7 \text{ cm} \\ &= 84 \text{ cm}^2 \\ &= 0,0084 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Direncanakan debit yang masuk (Q1) 120 ml/menit atau  $0,00012 \frac{\text{m}^3}{\text{menit}}$ , dicek kecepatan (v) filtrasi adalah:

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{A} = \frac{0,00012 \frac{\text{m}^3}{\text{menit}}}{0,0084 \text{ m}^2} \\ &= 0,0143 \text{ m/menit} \\ &= 0,86 \text{ m/jam} \end{aligned}$$

Perkiraan waktu tinggalnya (Td) adalah:

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{\text{Vol}}{Q} = \frac{A \times \text{Panjang reaktor}}{Q} \\ &= \frac{0,0084 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m}}{0,00012 \frac{\text{m}^3}{\text{menit}}} \\ &= 70 \text{ menit} \end{aligned}$$

Beban hidrolis pada debit ini adalah:

$$\begin{aligned} \text{Beban hidrolis} &= \frac{Q}{\text{Luas penampang (A)}} \\ &= \frac{0,00012 \frac{\text{m}^3}{\text{menit}}}{0,0084 \text{ m}^2} \\ &= 0,0143 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{menit} \end{aligned}$$

- Direncanakan debit yang masuk (Q2) 240 ml/menit atau  $0,00024 \frac{\text{m}^3}{\text{menit}}$ , dicek kecepatan (v) filtrasi adalah:

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{A} = \frac{0,00024 \frac{\text{m}^3}{\text{menit}}}{0,0084 \text{ m}^2} = 0,0286 \frac{\text{m}}{\text{menit}} \\ &= 1,71 \text{ m/jam} \end{aligned}$$

Perkiraan waktu tinggalnya (Td) adalah:

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{\text{Vol}}{Q} = \frac{A \times \text{Panjang reaktor}}{Q} = \\ &= \frac{0,0084 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m}}{0,00024 \frac{\text{m}^3}{\text{menit}}} = 35 \text{ menit} \end{aligned}$$

Beban hidrolis pada debit ini adalah:

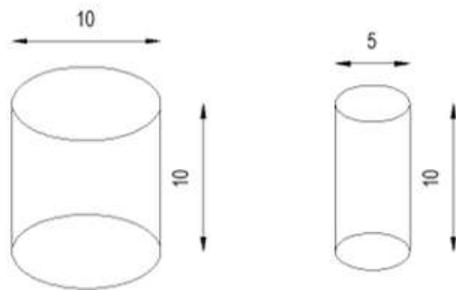
$$\begin{aligned} \text{Beban hidrolis} &= \frac{Q}{\text{Luas penampang (A)}} \\ &= \frac{0,00024 \frac{\text{m}^3}{\text{menit}}}{0,0084 \text{ m}^2} \\ &= 0,0286 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{menit} \end{aligned}$$

## Alat dan Bahan

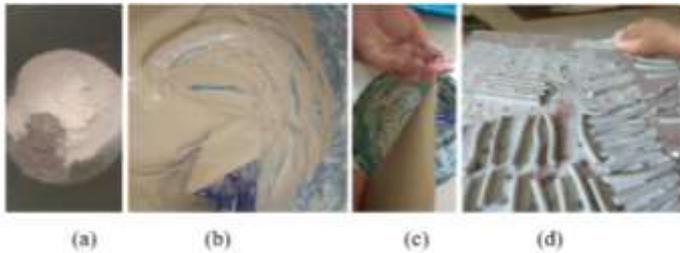
Sampel air limbah *laundry* yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari salah satu usaha *laundry* di Kelurahan Kebonsari, Surabaya. Sampel air limbah yang diambil adalah air limbah dari proses pemberian deterjen hingga pembilasan terakhir. Volume air limbah dari 1 mesin cuci adalah sekitar 30 L. Pengambilan sampel air limbah dilakukan menggunakan jerigen 20 L sebanyak 2 buah untuk 1x pengambilan air limbah. Pada sistem kontinu dibutuhkan 67,2 L sehingga dibutuhkan 3x pengambilan air limbah dari 1 mesin cuci. Metode pengambilan sampel air limbah yang digunakan adalah sampel sesaat (*grab sample*). Sampel yang digunakan adalah dari 1 mesin cuci yang sama dalam satu lokasi kegiatan *laundry* pada waktu yang berbeda, dengan volume yang sama.

Bahan yang digunakan untuk membuat media artifisial kapur-semen adalah bubuk kapur tohor (CaO) dan semen *portland*. Bubuk kapur tohor (CaO) yang digunakan berasal dari pertambangan kapur di Tuban, Jawa Timur. Adonan kapur dan semen akan dibuat dengan total berat campuran per 1000 gr. Komposisi media artifisial kapur-semen yang digunakan berdasarkan percobaan secara *batch* yang telah dilakukan terlebih dahulu yaitu 7:1. Kebutuhan kapur dan semen rasio 7:1 berdasarkan rasio *by weight* dengan total berat campuran sebesar 1000 gr adalah 875 gr kapur dan 125 gr semen.

Rasio *by weight* digunakan agar komposisi air pada masing-masing rasio kapur-semen sama, yaitu sekitar 20% hingga 30%<sup>[13]</sup>. Hal tersebut agar adonan tidak terlalu cair sehingga memudahkan saat mencetak. Adonan berbentuk pasta dicetak pada sedotan berdiameter 5 mm (Gambar 1). Adonan dimasukkan ke dalam sedotan menggunakan plastik segitiga atau *papping bag* (Gambar 2c). Kemudian dibiarkan selama kurang lebih 2 jam agar setengah kering, lalu dikeluarkan dari cetakan dan dipotong tiap 10 mm. Media yang sudah dipotong lalu dikeringkan selama kurang lebih 2 hari pada suhu ruangan kemudian dioven minimal selama 1 jam untuk mengurangi kadar air.



Gambar 1. Ukuran media artifisial kapur-semen



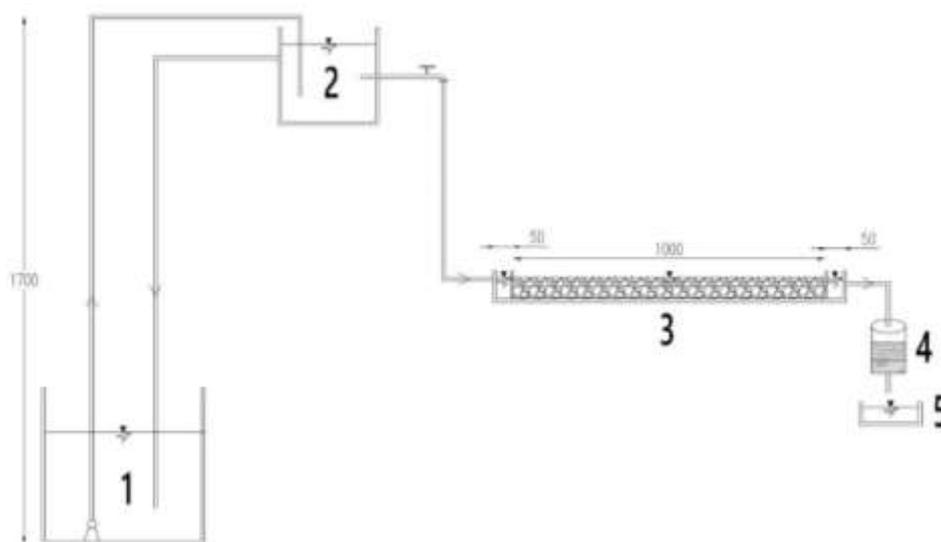
Gambar 2. Proses pembuatan media artifisial kapur-semen; (a) bubuk kapur-semen; (b) adonan pasta; (c) penggunaan *papping bag*; (d) pengeluaran dari cetakan dan pengeringan

**Prosedur Penelitian**

Pada penelitian ini menggunakan reaktor *horizontal flow roughing filter* (HRF) yang terbuat dari talang air PVC dengan ukuran 110x12x12 cm. Reaktor HRF yang berisi media artifisial kapur-semen berukuran yaitu 100x12x7 cm. Volume reaktor HRF yang berisi media artifisial kapur-semen

adalah 8,4 L. Running dilakukan 2x per 1 variasi, sehingga air limbah yang dibutuhkan adalah  $8,4 \text{ L} \times 4 \text{ reaktor} \times 2x \text{ running} = 67,2 \text{ L}$ . Sampel air limbah *laundry* ditampung dalam *holding tank* berukuran 150 L. Sampel air limbah yang ditampung di *holding tank* dipompa menggunakan *submersible pump* menuju bak penampung. Volume bak penampung adalah 50 L. Pompa yang digunakan memiliki head 3 meter.

Media artifisial kapur-semen dimasukkan ke dalam reaktor hingga terendam air limbah. Sampel air limbah yang melewati media artifisial kapur-semen dialirkan secara *horizontal flow*. Setelah melewati media artifisial kapur-semen, terbentuk presipitat yang diendapkan dengan *sand filter*. Reaktor *sand filter* menggunakan toples plastik berdiameter 11,6 cm berisi pasir sungai. Pasir diayak menggunakan saringan mesh 35 atau diameter 0,5 mm yang kemudian dicuci dengan air bersih dan disaring dengan saringan mesh 50 atau diameter 0,3 mm, sehingga pasir yang digunakan memiliki diameter 0,3–0,5 mm. Penahan pasir pada *sand filter* menggunakan kapas busa aquarium sebanyak 3 lapis. Total kedalaman *sand filter* adalah 10 cm dengan rincian kedalaman pasir 6 cm dan kapas busa 4 cm. Tahapan proses penelitian secara kontinyu dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Tahapan proses penelitian secara kontinyu

- Keterangan:
1. Bak penampung berukuran 150 L
  2. *Holding tank* berukuran 50 L
  3. HRF berisi media artifisial kapur-semen
  4. Bak *sand filter*
  5. Bak *effluent*

Proses penggaraman pada sistem kontinyu menggunakan konsep RF dengan aliran horizontal. Komposisi media artifisial kapur-semen yang optimum dari sistem *batch* digunakan pada sistem kontinyu. Pada sistem kontinyu menggunakan variasi diameter media artifisial kapur-semen (10 dan 5 mm) dan beban hidrolis (120 dan 240 ml/menit). Sebanyak 4 reaktor HRF beroperasi secara kontinyu, yang terbagi sesuai variasi diameter media artifisial kapur-semen dan beban hidrolis (Tabel 1). Presipitat yang terbentuk dipisahkan dengan *sand filter*. Kemudian efluen diuji kandungan surfaktan dan pH sesuai dengan *Standard Methods for the Examination of water and Wastewater* (SMWW) (Tabel 2). Pengujian dilakukan secara duplo.

Tabel 1. Matriks variabel penelitian secara kontinyu

Beban hidrolis	Diameter Media Kapur:Semen	
	5 mm	10 mm
Q1	5-1	10-1
Q2	5-2	10-2

Tabel 2. Metode analisis parameter

No.	Parameter	Metode Analisis
1.	Surfaktan	MBAS (SMWW 5540)
2.	pH	SNI 06-6989 11-2004

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium untuk mengetahui efisiensi penyisihan surfaktan. Proses penyisihan surfaktan pada limbah *laundry* dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah melalui media artifisial kapur-semen. Media artifisial kapur-semen yang dilewati air limbah *laundry* akan melepaskan ion logam  $\text{Ca}^{2+}$ . Ion logam  $\text{Ca}^{2+}$  akan bereaksi dengan surfaktan membentuk endapan garam. Endapan garam tersebut dipisahkan dengan *sand filter*.

### Karakteristik Air Limbah Laundry

Karakteristik sampel air limbah *laundry* adalah keruh, berwarna keabu-abuan, dan berbau wangi karena efek pemberian deterjen dan pewangi pakaian (Gambar 4). Mesin cuciyang digunakan usaha *laundry* tersebut adalah mesin cuci otomatis *front loading*.

Pemberian deterjen dan pewangi pakaian pada mesin cuci dilakukan sebelum pencucian dimulai. Tahapan proses pencucian adalah pembasahan, penyabunan, pembilasan, dan pemerasan. Proses pencucian berlangsung selama 30 menit. Berdasarkan hasil analisis karakteristik air limbah *laundry* dapat pada Tabel 3. Konsentrasi surfaktan sampel air limbah *laundry* melebihi baku mutu, sehingga dibutuhkan pengolahan sebelum air limbah tersebut dibuang ke badan air.



Gambar 4. Sampel air limbah *laundry*

Tabel 3. Karakteristik air limbah *laundry*

Parameter	Satuan	Konsentrasi sampel	Kadar maksimum*
MBAS (deterjen)	mg/L	18,32	10
pH	-	8,14	6 - 9

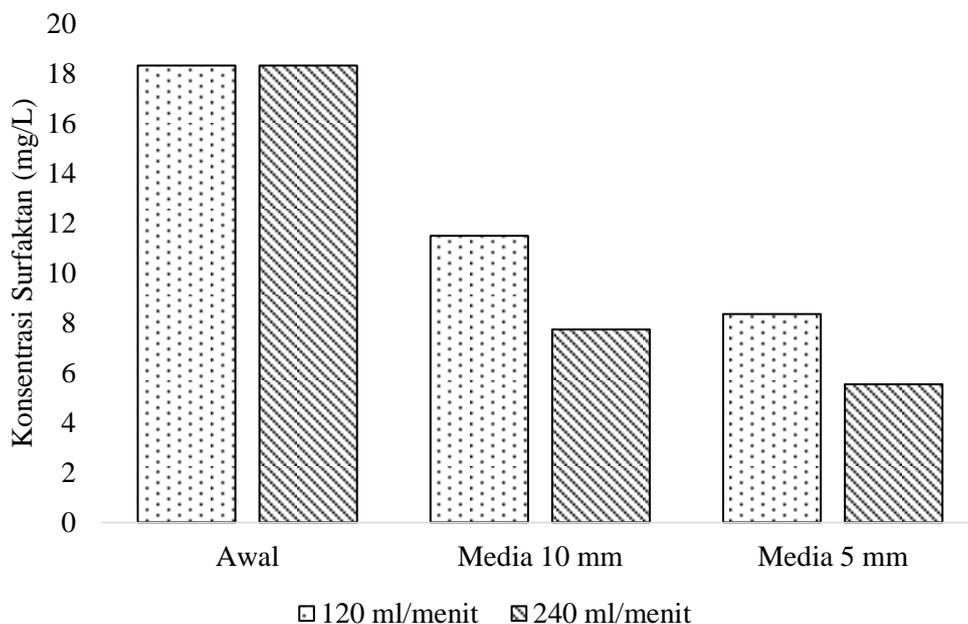
\*) Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013

### Pengaruh Diameter Media Artifisial Kapur-Semen Dan Debit Terhadap Surfaktan

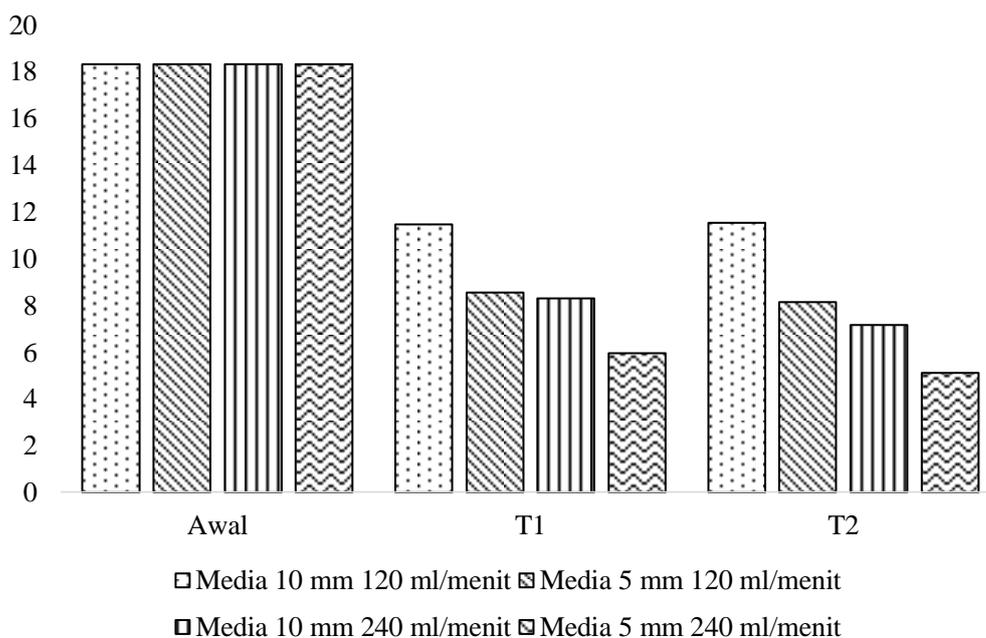
Konsentrasi surfaktan awal sampel air limbah *laundry* adalah 18,32 mg/L. Media artifisial kapur-semen berdiameter 5 mm mampu menyisihkan surfaktan lebih besar dibanding dengan media berdiameter 10 mm (Gambar 5). Hal tersebut dikarenakan luas permukaan media artifisial kapur-semen berdiameter 5 mm lebih besar sehingga air limbah dapat kontak dengan media semakin baik<sup>[11]</sup>. Rata-rata penyisihan surfaktan dengan media artifisial kapur-semen berdiameter 5 mm pada debit 120 ml/menit dan 240 ml/menit masing-masing sebesar 54,45% dan 69,81%. Rata-rata penyisihan surfaktan dengan media artifisial kapur-semen berdiameter 10 mm pada debit 120 ml/menit dan 240 ml/menit masing-masing sebesar 37,28% dan 57,83%. Penyisihan surfaktan pada debit 240 ml/menit lebih besar dibanding dengan debit 120 ml/menit. Hal

tersebut dikarenakan ion  $Ca^{2+}$  lebih banyak lepas pada debit 240 ml/menit akibat kecepatan aliran yang lebih besar. Penyisihan surfaktan terjadi akibat kontak dengan ion  $Ca^{2+}$  yang lepas dari media artifisial kapur-

semen kemudian membentuk presipitat, mengacu pada (1) dan (2)<sup>[5]</sup>. Hasil analisis penyisihan surfaktan dari pengambilan sampling secara duplo dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Rata-rata penyisihan surfaktan pada percobaan kontinyu



Gambar 6. Penyisihan surfaktan pada percobaan kontinyu (duplo)

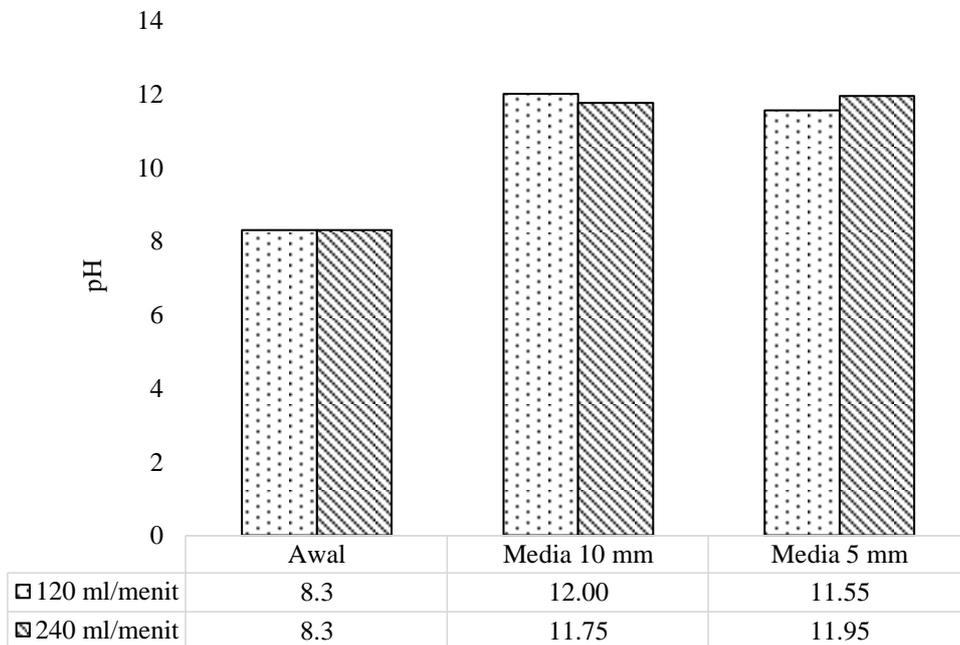
**Pengaruh diameter media artifisial kapur-semen dan debit terhadap pH**

pH awal sampel air limbah laundry adalah 8,3. Rata-rata kenaikan pH dengan media artifisial kapur-semen berdiameter 10

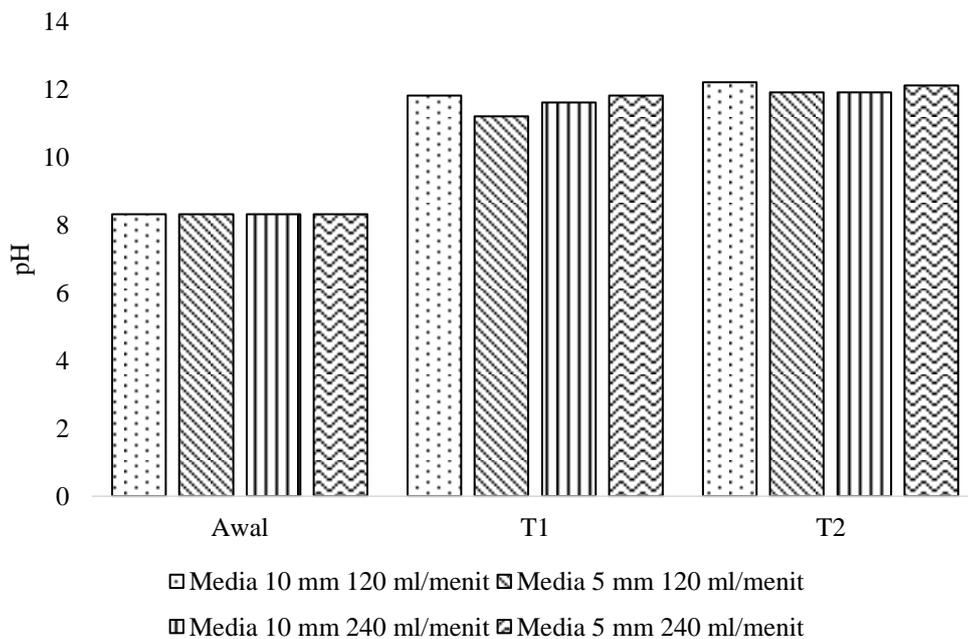
mm pada debit 120 ml/menit dan 240 ml/menit masing-masing sebesar 45% dan 42% (Gambar 7). Rata-rata kenaikan pH dengan media artifisial kapur-semen berdiameter 5 mm pada debit 120 ml/menit

dan 240 ml/menit masing-masing sebesar 39% dan 44% (Gambar 7). Kenaikan pH yang cukup signifikan menandakan bahwa CaO terlepas dari media artifisial kapur-semen dan bereaksi dengan air membentuk ion OH<sup>-</sup> [5]. pH yang tinggi dapat mengganggu

keseimbangan kehidupan biota akuatik, sehingga diperlukan proses netralisasi pH sebelum air limbah dibuang ke badan air. Hasil analisis kenaikan pH dari pengambilan sampling secara duplo dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Rata-rata kenaikan pH pada percobaan kontinyu



Gambar 8. Kenaikan pH pada percobaan kontinyu (duplo)

**Analisis Statistik Menggunakan Design Of Experiment (DOE) Minitab 16.1.0.0.**

*Design of experiment* (DOE) adalah sebuah tes dengan membuat perubahan pada variabel *input* agar dapat diidentifikasi perubahan yang terjadi pada *output* dari proses tersebut. Analisis data menggunakan DOE berfokus pada metode *factorial design*. Metode *factorial design* dapat menganalisis efek secara simultan dari faktor diameter media artifisial kapur-semen dan debit pada penelitian ini. Metode *factorial design* mampu memvisualisasikan faktor utama dan

interaksi faktor pada penelitian melalui *factorial plot*. Metode *factorial design* juga dapat menentukan pengaturan faktor untuk mengoptimalkan hasil melalui *response optimizer*.

Hasil analisis dengan *factorial design* yaitu faktor diameter dan debit pada respon % penyisihan surfaktan memiliki efek yang signifikan dengan nilai  $P < 0,05$  (Tabel 4). Interaksi antar faktor diameter dan debit tidak memiliki efek yang signifikan pada % penyisihan surfaktan dengan nilai  $P > 0,05$  (Tabel 4).

Tabel 4. Analisis efek faktor diameter dan debit terhadap % penyisihan surfaktan

Estimated Effects and Coefficients for % Removal Surfaktan (coded units)					
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		54,844	1,010	54,30	0,000
Diameter	-14,574	-7,287	1,010	-7,22	0,002
Debit	17,959	8,979	1,010	8,89	0,001
Parameter^Debit	2,593	1,296	1,010	1,28	0,269

S = 2,85661

R-Sq = 97,078

PRESS = 130,563

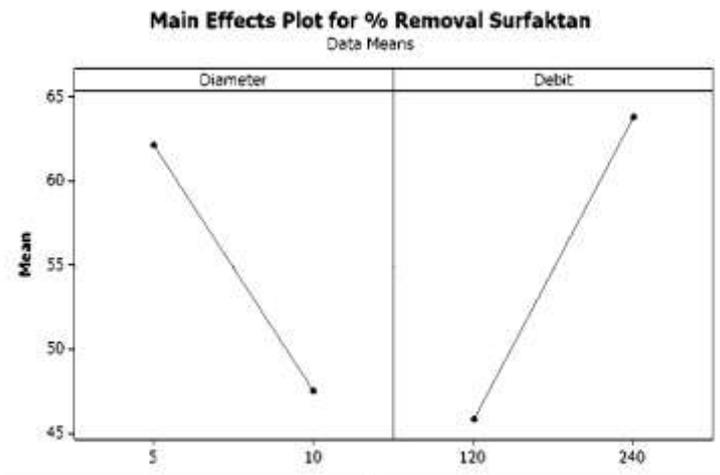
R-Sq (pred) = 88,30%

R-Sq (adj) = 94,88%

Analysis of Variance for % Removal Surfaktan (coded units)						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	1069,83	1069,83	534,917	65,55	0,001
Diameter	1	424,82	424,82	424,817	52,06	0,002
Debit	1	645,02	645,02	645,017	79,04	0,001
2-Way Interactions	1	13,45	13,45	13,445	1,65	0,269
Diameter^Debit	1	13,45	13,45	13,445	1,65	0,269
Residual Error	4	32,64	32,64	8,160		
Pure Error	4	32,64	32,64	8,160		
Total	7					

*Factorial plot* terdapat *main effects plot* dan *interaction plot*. *Main effects plot* menunjukkan perbedaan rata-rata respon pada dua level faktor. *Main effects plot* menunjukkan pada variasi faktor diameter dan debit. Setiap titik mewakili rata-rata % penyisihan surfaktan untuk satu level faktor. Garis tengah horizontal putus-putus berwarna biru menunjukkan rata-rata % penyisihan surfaktan untuk semua proses. Plot sebelah kiri menunjukkan bahwa media artifisial kapur-semen diameter 5 mm mampu menyisihkan surfaktan lebih baik dibanding diameter 10 mm (Gambar 9).

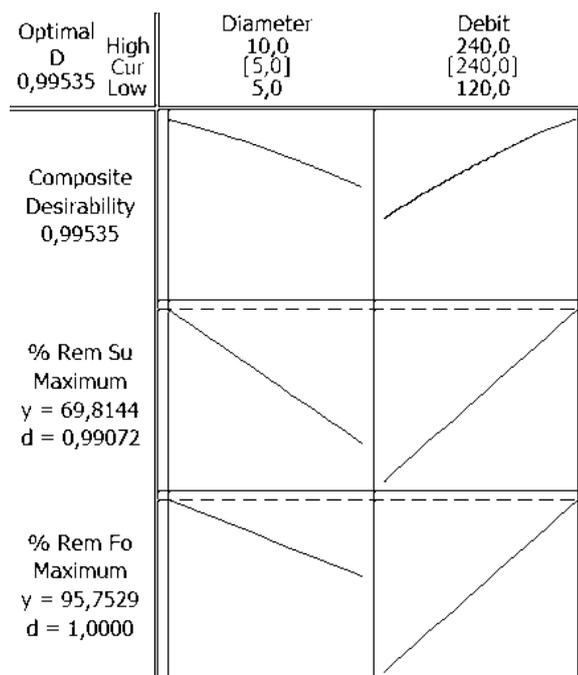
% Penyisihan surfaktan pada media artifisial kapur-semen diameter 5 lebih rendah dibanding diameter 10 mm. Plot sebelah kanan menunjukkan bahwa debit 240 ml/menit mampu menyisihkan surfaktan lebih baik dibanding debit 120 ml/menit. % Penyisihan surfaktan pada debit 240 ml/menit lebih rendah dibanding debit 120 ml/menit. Interaksi antar faktor diameter dan debit tidak memiliki efek yang signifikan pada % penyisihan surfaktan dengan nilai  $P > 0,05$ , sehingga tidak perlu dianalisis menggunakan *interaction plot*.



Gambar 9. Main effects plot % penyisihan surfaktan

Diameter media artifisial kapur-semen dan debit dibandingkan dengan analisis menggunakan *optimizer plot*. *Response optimizer* digunakan untuk menghitung solusi optimal numerik untuk membantu mengetahui kombinasi faktor-faktor yang menghasilkan nilai respon yang optimal. *Goal* yang diatur pada *response optimizer* adalah *maximize*, yaitu % penyisihan surfaktan yang paling

besar, untuk menentukan diameter dan debit yang mampu menyisihkan surfaktan paling baik. *Goal* yang telah ditentukan yaitu *goal maximize* dengan target % penyisihan surfaktan masing-masing adalah 70 dan 95. Berdasarkan *response optimizer*, penyisihan konsentrasi surfaktan dapat optimal terjadi pada debit 240 ml/menit dan diameter media artifisial kapur-semen 5 mm (Gambar 10).



Gambar 10.9 Response Optimizer % penyisihan surfaktan

**KESIMPULAN**

Media artifisial kapur-semen dengan diameter 5 mm dan debit 240 mL/menit atau beban hidrolis 0,029 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.menit menunjukkan penyisihan surfaktan pada air limbah laundry yang paling baik yaitu sebesar

69,81%. Faktor diameter dan debit memiliki efek yang signifikan dalam menyisihkan surfaktan. Interaksi antar faktor diameter dan debit tidak memiliki efek yang signifikan dalam menyisihkan surfaktan.

**SARAN**

Hasil effluent dari media kapur-semen masih mengandung pH yang tinggi, sehingga diperlukan proses netralisasi agar kandungan pH memenuhi baku mutu. Diperlukan pengaplikasian reactor RF yang lebih besar agar waktu kontak dapat berajalan lebih lama sehingga penyisihan surfaktan menjadi lebih baik. Pengoperasian reaktor RF perlu dilakukan lebih lama untuk mengetahui titik kejenuhan dari media artifisial kapur-semen.

**REFERENSI**

- [1] Sumisha, A., Arthanareeswaran, G., Thuyavan, Y. L., Ismail, A. F., Chakraborty, S., 2015, Treatment of laundry wastewater using polyethersulfone/polyvinylpyrrolidone ultrafiltration membranes, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 1221, 174–179.
- [2] Ciabatti, I., Cesaro, F., Faralli, L., Fatarella, E., Tognotti, 2009, Demonstration of a treatment system for purification and reuse of laundry wastewater, *Desalination*, 245, 451–459.
- [3] Mohan, S. M., 2014, Use of naturalized coagulants in removing laundry waste surfactant using various unit processes in lab-scale, *Journal of Environmental Management*, 136, 103–111.
- [4] Kogawa, A. C., Cernic, B.G., Couto, L.G.D. do, Salgado, H.R.N., 2017, Synthetic detergents: 100 years of history, *Saudi Pharmaceutical Journal*, 25, 934–938.
- [5] Kurniati, E., 2009, Penurunan Konsentrasi Detergent Pada Limbah Industri Laundry Dengan Metode Pengendapan Menggunakan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 1, 41–47.
- [6] Srinet, S. S., A. Basak, Ghosh, P., Chatterjee, J., 2017, Separation of anionic surfactant in paste form from its aqueous solutions using foam fractionation, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5, 1586–1598.
- [7] Collivignarelli, M. C., Miino, M. C., Baldi, M., Manzi, S., Abb`a, A., Bertanza, G., 2019, Removal of non-ionic and anionic surfactants from real laundry wastewater by means of a full-scale treatment system,” *Process Safety and Environmental Protection*.
- [8] Tchobanoglous, G., Stensel, H.D., Tsuchihashi, R., Burton, F., 2014, *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. 5th ed, Boston, McGraw-Hill Education.
- [9] Cleary, S. A., 2005, *Sustainable Drinking Water Treatment for Small Communities Using Multistage Slow Sand Filtration*, Waterloo, Master of Applied Science in Civil Engineering University of Waterloo.
- [10] Notodarmodjo, S., Astuti, A., Juliah, A., 2004, Kajian Unit Pengolahan Menggunakan Media Berbutir dengan Parameter Kekeruhan, TSS, Senyawa Organik dan pH, *Proceeding ITB Sains & Teknologi*, 36 (A), 97-115.
- [11] Bellier, N., Chazarenc, F., Comeau, Y., 2006, Phosphorus Removal from Wastewater by Mineral Apatite, *Water Research*, 40, 2965–2971.
- [12] Wegelin, M., 1996, *Surface Water Treatment by Roughing Filters A Design, Construction and Operational Manual*. Duebendorf, Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Management (SKAT).
- [13] Suci, A. P. C. W., 2018, *Reduksi Surfaktan Menggunakan Granular Kapur-Semen sebagai Sumber Ion  $\text{Ca}^{2+}$* , Surabaya: Departemen Teknik Lingkungan ITS.