

PREPARASI MEDIA SPONS *LUFFA CYLINDRICA* BERLAPIS NANOPARTIKEL PERAK (AgNPs) UNTUK PROSES DISINFEKSI PADA EFLUEN IPAL KOMUNAL

Preparation of Luffa Cylindrica Sponge as Coated with Silver Nanoparticles (AgNPs) for Disinfection Process in Decentralize WWTP Effluent

Anisa Wigati¹, Awaluddin Nurmiyanto², Luthfia Isna Ardhayanti³

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia.

Email: wigati.anisa@yahoo.com¹, awaluddin@uii.ac.id², luthfia.isna@uii.ac.id³

ABSTRAK

Salah satu masalah utama di daerah perkotaan adalah pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh pembuangan air limbah domestik yang tidak ditangani dengan baik. Pemerintah mengeluarkan peraturan mengenai baku mutu air limbah domestik yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 terdapat parameter baru yaitu kadar maksimum total coliform yang diperbolehkan adalah sebesar 3000, dalam setiap sampel 100 mL. Disinfeksi merupakan proses yang penting untuk menghilangkan Total Coliform. Preparasi nanopartikel perak dilakukan menggunakan metode reduksi kimia yaitu mereduksi perak nitrat (AgNO_3) dengan trisodium sitrat ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3$) dan menghasilkan koloid nanopartikel perak berwarna kuning kecoklatan dengan puncak serapan gelombang 420 nm. Melalui proses pelapisan (coating), nanopartikel perak (AgNPs) dapat melapisi spons luffa cylindrica dan terjadi perubahan warna pada spons luffa cylindrica dari berwarna krem pucat menjadi berwarna kecoklatan. Hasil karakterisasi menggunakan SEM terdapat bintik-bintik putih berukuran tidak sama dan tidak merata dengan perkiraan ukuran partikel 46 – 48 nm. Hasil uji leaching pada spons luffa cylindrica diperoleh kadar perak tertinggi pada waktu rendaman 24 jam adalah 0,4789 mg/L. Kecepatan laju alir yang optimum pada penelitian ini adalah 4 mL/menit dan waktu kontak spons luffa cylindrica dengan air limbah adalah 15 menit. Hal ini dikarenakan ketika menggunakan laju alir 4 mL/menit dan waktu kontak 15 menit diperoleh removal bakteri hingga 99%.

Kata kunci: nanopartikel perak, luffa cylindrica, pengolahan air limbah, disinfeksi

ABSTRACT

One of the main problems in urban areas is environmental pollution caused by the disposal of domestic wastewater that is not handled properly. The government issued a regulation concerning the quality standards of domestic wastewater namely the Minister of Environment and Forestry Regulation No. 68 of 2016 there is a new parameter that the maximum level of total coliform allowed is 3000, in every 100 mL sample. Disinfection is an important process for removing Total Coliform. Preparation of silver nanoparticles was carried out using a chemical reduction method which reduced silver nitrate (AgNO_3) with trisodium citrate ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3$) and produced a brownish yellow nanoparticle colloid with a wave absorption peak of 420 nm. Through a coating process, silver nanoparticles (AgNPs) coated the luffa cylindrica sponge and the color of sponge luffa cylindrica changed from pale cream to brown. Characterization results using SEM, found white spots with different size and uneven distribution with an estimated size of particle 46 - 48 nm . The results of leaching test on the luffa cylindrica sponge obtained the highest silver content at 24 hour of immersion time is 0,4789 mg/L. The optimum flow rate in this research is 4 mL/min and the contact time of luffa cylindrica sponge with wastewater is 15 minutes. It's because when the flow rate is 4 mL/min and the contact time is 15 minutes, can remove bacteria up to 99%.

Keywords: silver nanoparticles, luffa cylindrica, wastewater treatment, disinfection

I. PENDAHULUAN

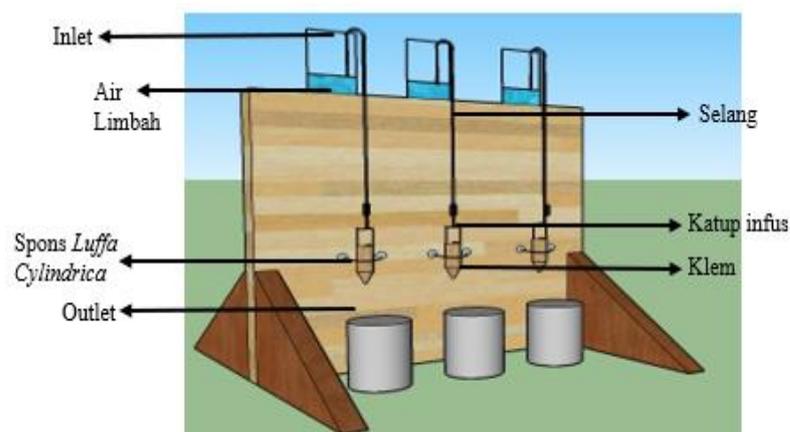
Salah satu masalah utama yang dihadapi oleh permukiman penduduk di daerah perkotaan adalah masalah pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh pembuangan air limbah yang tidak ditangani dengan baik. Pemerintah mengeluarkan peraturan mengenai baku mutu air limbah domestik yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. Pada peraturan ini terdapat parameter baru yaitu kadar maksimum total coliform yang diperbolehkan adalah sebesar 3000, dalam setiap sampel 100 mL. Hal ini menandakan semakin ketatnya peraturan mengenai air limbah, sehingga apabila kadar total coliform melebihi baku mutu pada sampel air limbah perlu dilakukan disinfeksi atau inaktivasi bakteri.

Disinfeksi atau inaktivasi bakteri dapat dilakukan secara fisik maupun kimiawi. Penggunaan nanopartikel sebagai disinfeksi air masih relatif baru. Karena reaktivitasnya tinggi yang disebabkan oleh besarnya rasio permukaan terhadap volume, nanopartikel diharapkan memainkan peran penting dalam pemurnian air (Nadafan dkk, 2015). Mekanisme efek antibakteri mengalami kerusakan yang disebabkan oleh nanopartikel perak dengan membentuk lubang pada dinding sel bakteri. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi media berupa spons *Luffa Cylindrica*. Pemilihan media tersebut dikarenakan spons *Luffa Cylindrica* dapat meningkatkan nilai jual material lokal dan bisa menjadi pengganti media filter yang bersifat alami.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Reaktor Skala Pilot

Pada tahap ini, dilakukan persiapan alat berupa reaktor skala pilot yang terdiri dari pipa bening, selang infus, klem, papan triplek berukuran 1,5 m x 1 m, dan katup sesuai sketsa pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Sketsa Reaktor skala pilot

2.2 Preparasi Nanopartikel Perak pada Spons *Luffa Cylindrica*

Preparasi dilakukan dengan memotong spons *Luffa Cylindrica* menjadi potongan-potongan yang masing-masing berukuran 3 cm x 3 cm. Seluruh potongan spons *Luffa Cylindrica* dibersihkan menggunakan aseton selama 1 jam. Kemudian seluruh potongan spons *Luffa Cylindrica* dibilas dengan aquadest dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C. Preparasi nanopartikel perak pada spons *Luffa Cylindrica* dilakukan dengan mereduksi perak nitrat (AgNO₃) dengan larutan pereduksi sodium sitrat (Na₃C₆H₅O₇). Tahap awal memasukkan potongan spons *Luffa Cylindrica* ke dalam gelas beaker dan melarutkan perak nitrat 0,005 M sebanyak 25 mL dengan 125 mL aquadest dalam keadaan hangat. Kemudian ditambahkan 5 mL larutan sodium sitrat 1 % sedikit demi sedikit menggunakan pipet tetes dan proses pemanasan dilanjutkan hingga larutan berubah warna menjadi kuning pucat. Potongan spons *Luffa Cylindrica* didiamkan di dalam larutan semalaman dan setelah itu potongan spons *Luffa Cylindrica* dibilas berulang kali dengan aquadest untuk menghilangkan ion teradsorpsi seperti sitrat dan udara kering. Tahap terakhir spons *Luffa Cylindrica* yang sudah di bilas, dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C (Jain et al, 2005).

2.3 Uji Karakteristik

Uji karakteristik ini dilakukan untuk mengetahui morfologi pelapisan nanopartikel perak pada spons *Luffa Cylindrica*. Uji karakteristik dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil dari uji karakteristik ini berupa gambar morfologi nanopartikel perak pada spons *Luffa Cylindrica*. Selain itu dilakukan uji koloid perak menggunakan Spektrofotometri UV-Vis dengan rentang panjang gelombang 370 nm – 500 nm (peak sekitar 420). diperkirakan ukuran nanopartikel perak berdasarkan hubungan antara diameter partikel dan puncak serapan koloid nanopartikel perak. Menurut Pandoli dkk. (2015) hubungan antara diameter nanopartikel perak dan penyerapan maksimum, di mana D adalah diameter partikel dalam nm dan λ_{max} adalah puncak serapan koloid nanopartikel perak dari nanopartikel dalam nm sesuai dengan rumus 2.1.

$$D = -0,005441 \lambda_{max}^2 + 5,654 \lambda_{max} - 1367 \dots \dots \dots (2.1)$$

2.4 Uji Unjuk Kerja

Pada pengujian removal bakteri, dilakukan *set up* reaktor seperti pada **Gambar 2.1**. Pada reaktor ini dilakukan penyaluran air limbah menuju reaktor menggunakan selang. Air limbah akan dialirkan melewati spons *Luffa Cylindrica* dengan variasi laju aliran air 4 mL/menit, 8 mL/menit, dan 17 mL/menit selama beberapa waktu dan akan dihitung removal bakterinya menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN) yaitu uji perkiraan (*presumptive test*) dan uji penetapan (*confirmed test*). Kemudian jumlah bakteri Total Coliform dapat dihitung berdasarkan tabung positif

pada uji penetapan menggunakan indeks Jumlah Perkiraan Terdekat (JPT) (Tristyanto, 2016). Untuk mengetahui efisiensi removal bakteri dan LRV, dilakukan perhitungan menggunakan rumus berikut:

$$R (\%) = \left(\frac{C_{in} - C_{eff}}{C_{in}} \right) \times 100 \% \dots \dots \dots (2.2)$$

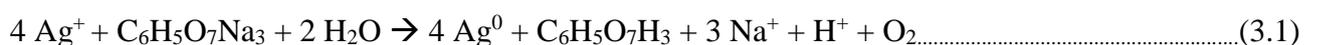
$$LRV = \log_{10} \left(\frac{C_{in}}{C_{eff}} \right) \dots \dots \dots (2.3)$$

Sedangkan untuk mengetahui seberapa lama nanopartikel perak melapisi spons *Luffa Cylindrica* maka dilakukan pengujian dengan merendam spons *Luffa Cylindrica* yang sudah terimpregnasi nanopartikel perak pada *aquadest* selama variasi waktu 1 jam, 3 jam, 6jam, 12 jam, dan 24 jam. kemudian masing-masing air rendaman akan diukur nanopartikel perak yang terlepas menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS). Hasil dari unjuk kerja ini akan ditampilkan dalam dua bentuk grafik. Grafik pertama merupakan grafik antara % removal bakteri terhadap *flow rate* dan grafik kedua merupakan grafik antara kadar perak terhadap waktu rendaman.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

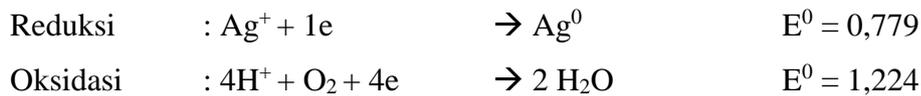
3.1 Preparasi Nanopartikel Perak

Preparasi nanopartikel perak pada penelitian ini menggunakan metode reduksi kimia yaitu mereduksi perak nitrat ($AgNO_3$) dengan trisodium sitrat ($C_6H_5O_7Na_3$). Nanopartikel perak mempunyai karakteristik yang mudah beraglomerasi dan teroksidasi, sehingga pada proses pembentukannya membutuhkan senyawa lain seperti stabilisator. Menurut penelitian Soliwoda dkk. (2017), trisodium sitrat berfungsi sebagai stabilisator dikarenakan pasangan elektron bebas dalam gugus karbonil pada trisodium sitrat dapat menstabilkan nanopartikel perak elektrostatik dan dapat menjadi agen koordinasi dalam senyawa dengan atom logam yang memiliki orbital bebas. Reduksi kimia dilakukan menggunakan Perak Nitrat ($AgNO_3$) dengan Trisodium Sitrat ($C_6H_5O_7Na_3$). Haryono dkk. (2008) menyatakan bahwa ketika perak nitrat ($AgNO_3$) dilarutkan ke dalam air, maka terjadi disosiasi menjadi ion perak positif (Ag^+) dan ion nitrat negatif (NO_3^-). Reaksi kimia yang terjadi pada proses reduksi perak nitrat ($AgNO_3$) menggunakan reduktor trisodium sitrat sebagai berikut:



Pada saat preparasi nanopartikel perak melalui reaksi diatas dipengaruhi oleh adanya kontak antara perak yang terbentuk dengan oksigen selama reaksi berlangsung. Oksidasi akan terjadi apabila adanya kontak perak dengan oksigen, sehingga biasanya membentuk senyawa kompleks. Senyawa kompleks yang terbentuk adalah perak-sitrat. Proses preparasi nanopartikel perak pada **Gambar 3.1**

dilakukan dengan menambahkan tetes demi tetes larutan trisodium sitrat kedalam larutan perak nitrat (AgNO_3) yang telah dipanaskan sampai mendidih ($100\text{ }^\circ\text{C}$). Penambahan larutan trisodium sitrat secara tetes demi tetes, dikarenakan proses reduksi pada penelitian ini tidak berlangsung spontan. Menurut penelitian yang dilakukan Balu dkk. (2012), pembentukan nanopartikel perak terjadi dalam durasi 10-20 menit dan perubahan warna muncul setelah reaksi selesai.



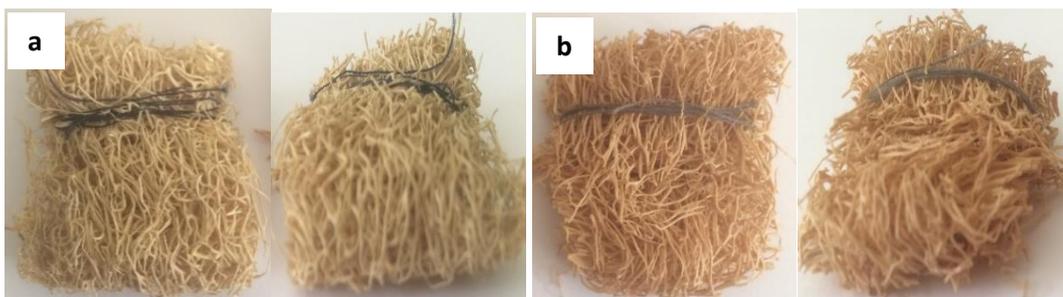
$$E^0 \text{ sel} = E^0 \text{ reduksi} - E^0 \text{ oksidasi}$$

$$E^0 \text{ sel} = 0,779 - 1,224 = - 0,445 \dots\dots\dots(3.2)$$



Gambar 3.1 Proses Reduksi Perak Nitrat dengan Trisodium Sitrat

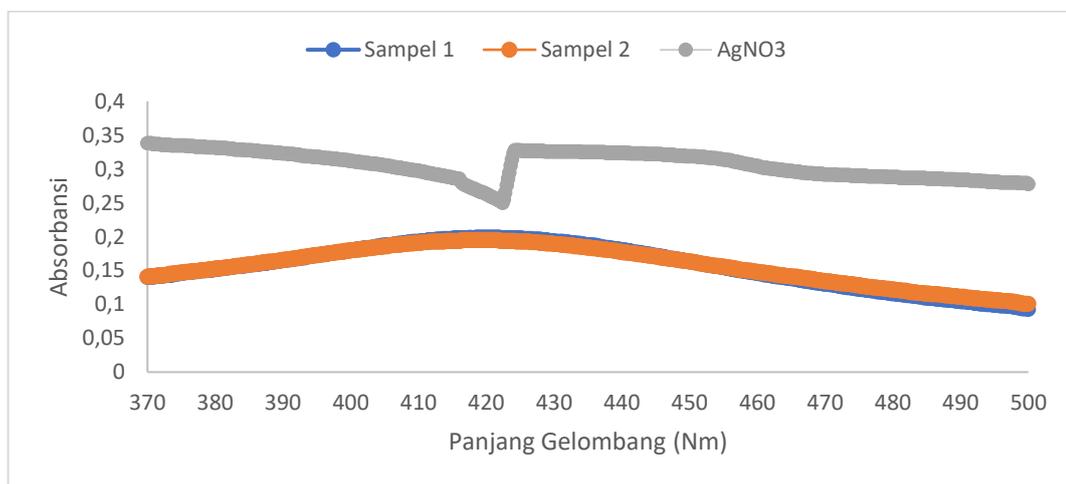
Berdasarkan energi potensial pada persamaan 3.2, diperoleh hasil energi potensial sel yang berharga negatif. Energi potensial sel yang berharga negatif menandakan bahwa reaksi yang terjadi merupakan reaksi yang tidak spontan. Reaksi diatas seharusnya tidak dapat berlangsung, tetapi ion Ag^+ bereaksi dengan ion $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^-$ membentuk senyawa kompleks perak-sitrat [$\text{Ag}^+ \text{-----sitrat}^-$] atau [$\text{Ag}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_{n+1}]^{3n-}$. Proses pelapisan nanopartikel perak pada spons *luffa cylindrica* dilakukan dengan merendam spons *luffa cylindrica* pada larutan koloid berwarna kekuningan tersebut selama 24 jam. Berdasarkan **Gambar 3.2** terjadi perubahan warna pada spons *luffa cylindrica* dari berwarna krem pucat menjadi berwarna kecoklatan. Perubahan warna kecoklatan pada spons *luffa cylindrica*, dikarenakan koloid nanopartikel perak telah terserap dan menempel pada spons *luffa cylindrica*.



Gambar 3.2 Kondisi Spons *Luffa Cylindrica* Sebelum (a) dan Setelah (b) Proses Coating

3.2 Puncak Serapan Koloid Nanopartikel Perak

Pengukuran dilakukan menggunakan Spektrofotometri UV-Vis pada koloid nanopartikel perak secara duplo. Pengukuran secara duplo karena koloid nanopartikel perak dapat beraglomerasi yang menyebabkan pertambahan ukuran partikel secara cepat. Oleh karena itu, pada **Gambar 3.3** terlihat bahwa puncak serapan koloid nanopartikel perak mengalami pergeseran. Pada **Gambar 3.3** larutan perak nitrat memperlihatkan puncak serapan pada panjang gelombang 424,2 nm – 425 nm. Koloid nanopartikel perak juga memperlihatkan puncak serapan pada sampel 1 berada pada panjang gelombang 418,4 nm – 422 nm, sedangkan pada sampel 2 berada pada panjang gelombang 416,4 nm – 421,8 nm. Hal ini menunjukkan kesesuaian dengan hasil studi yang dilakukan Kanchana dan Zantye (2016), bahwa hasil sintesis koloid nanopartikel perak dengan puncak serapan ± 420 nm merupakan koloid dengan ukuran berskala nanometer.



Gambar 3.3 Hasil Analisis Spektrofotometri UV-Vis Koloid Nanopartikel Perak

3.3 Karakteristik Spons *Luffa Cylindrica* Berlapisi Nanopartikel Perak

Karakterisasi dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang bertujuan untuk mengetahui morfologi dari spons *luffa cylindrica* yang telah dilapisi nanopartikel perak. Berdasarkan **Gambar 4.5** bagian (a) pada perbesaran 100x dengan skala 500 μm , menurut hasil penelitian Mohanta dan Acharya (2015) bahwa permukaan spons *luffa cylindrica* mulus dan tidak terdapat bintik-bintik putih yang menempel.

Pada **Gambar 3.4** bagian (b) pada perbesaran 265x dengan skala 300 μm tampak struktur morfologi sebaran nanopartikel perak pada spons *luffa cylindrica*. Nanopartikel perak diduga menempel pada spons *luffa cylindrica* berupa bintik-bintik putih. Sebaran nanopartikel perak pada spons *luffa cylindrica* tidak merata. Hal ini dikarenakan terdapatnya nanopartikel perak yang gugur terbawa *aquadest* saat dilakukan pembilasan. Selain itu, pada **Gambar 3.4** bagian (c) perbesaran

850x dengan skala 100 μm terlihat bahwa ukuran partikel perak pada spons *luffa cylindrica* tidak sama. Perkiraan ukuran nanopartikel perak berdasarkan hubungan antara diameter partikel dan puncak serapan koloid nanopartikel perak dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.



Gambar 3.4 Hasil SEM Spons *Luffa Cylindrica* Sebelum (a) dan Sesudah (b,c) Coating

Tabel 3. 1 Ukuran Diameter Nanopartikel Perak

NO	Kode Sampel AgNPS	Abs	λ_{max} (nm)	Diameter (nm)
1	Sampel 1	0,199	420,2	48,1
2	Sampel 2	0,195	419	46,8

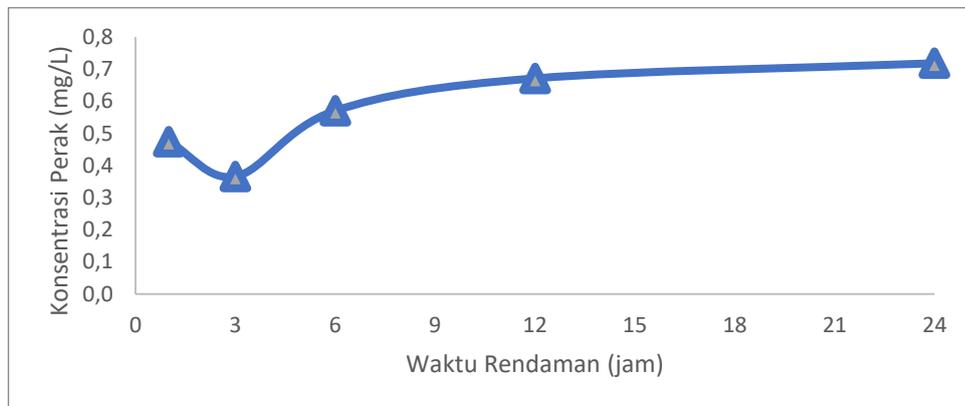
Berdasarkan **Tabel 3.1** diperoleh ukuran diameter nanopartikel perak pada sampel 1 adalah 48,1 nm dan pada sampel 2 adalah 46,8 nm. Selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Rivas dkk. (2001) bahwa reduksi kimia menggunakan trisodium sitrat menghasilkan ukuran diameter nanopartikel perak sebesar 30 nm - 60 nm.

3.4 Uji Leaching

Pengujian *leaching* nanopartikel perak pada spons *luffa cylindrica* diperoleh persamaan regresi linier larutan standar uji perak yaitu, $y = 0,1789x + 0,1098$ dengan nilai regresi adalah 0,9775. Menurut persamaan regresi linier diatas, maka diperoleh grafik kadar perak terlepas dalam rendaman air pada rentang 1 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam, 24 jam pada **Gambar 3.5**.

Pada **Gambar 3.5** diperoleh konsentrasi perak terlepas waktu rendaman 3 jam, 6 jam, 12 jam, dan 24 jam secara berturut-turut adalah 0,3161 mg/L; 0,2439 mg/L; 0,3803 mg/L; 0,4476 mg/L; dan 0,4789 mg/L. Berdasarkan **Gambar 3.5** semakin lama waktu rendaman spons *luffa cylindrica* maka semakin tinggi konsentrasi perak yang terlepas. Hal ini dikarenakan kekuatan adhesi antara nanopartikel perak (AgNPs) dan spons *luffa cylindrica* sangat lemah. Adhesi adalah gaya tarik-menarik antar partikel yang tidak sejenis. Selain itu, pemisahan nanopartikel perak dalam air

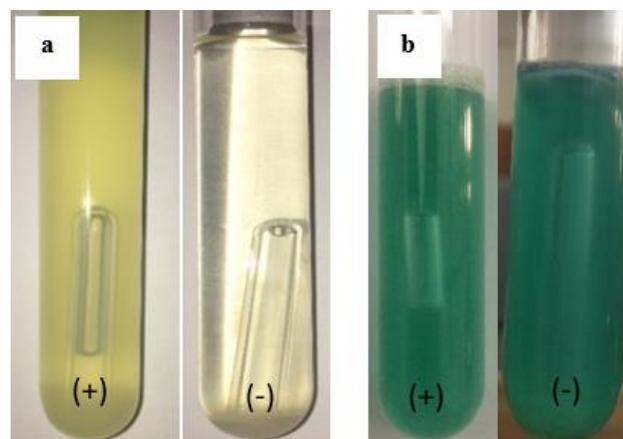
menyebabkan pelepasan ion perak. *Leaching* perak juga tergantung pada konsentrasi perak dalam media spons *luffa cylindrica* (Mecha dkk, 2014).



Gambar 3.5 Grafik Hubungan Waktu Rendaman dan Konsentrasi Perak Terlepas

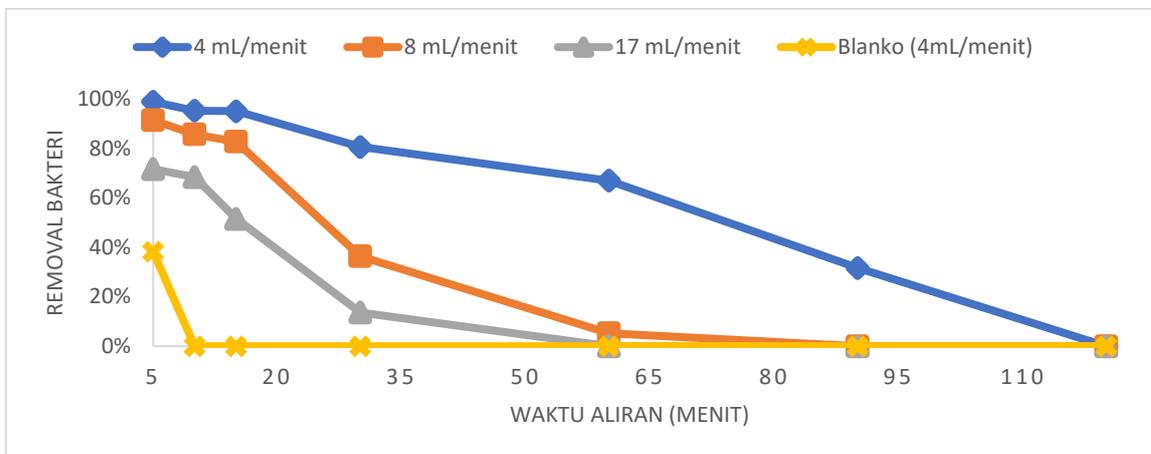
3.5 Uji Disinfeksi

Uji disinfeksi dilakukan menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN), yakni menghitung jumlah total coliform yang terbentuk pada sampel air limbah domestik yang telah dialirkan melewati spons *luffa cylindrica*. Jumlah total coliform pada penelitian ini akan dikalikan dengan faktor pengenceran yaitu 10^3 atau 1000. Berdasarkan tabung positif pada tahap uji perkiraan, dilanjutkan uji pendugaan menggunakan media *Brilliant Green Lactosa Broth* (BGLB). Sesuai dengan **Gambar 3.6** tabung positif ditandai dengan terbentuknya gelembung pada durham, sedangkan tabung negatif tidak terbentuk gelembung pada durham. Gelembung pada durham menandakan bahwa terdapat aktivitas fermentasi berupa gas yang dihasilkan oleh bakteri. Sehingga dapat diartikan bahwa tabung positif menandakan bahwa terdapat bakteri pada air sampel.



Gambar 3.6 Tabung Positif dan Negatif Pada Media LB (a) dan BGLB (b)

Proses pengujian kemampuan disinfeksi dari spons *luffa cylindrica* yang telah dilapisi nanopartikel perak (AgNPs) dilakukan secara kuantitatif. Secara kuantitatif digunakan untuk menghitung persentase removal bakteri (R%) oleh *luffa cylindrica* yang telah dilapisi nanopartikel perak (AgNPs). Berdasarkan hasil pengujian removal Total Coliform tertinggi pada **Gambar 3.7** terdapat pada laju alir 4 mL/menit dengan waktu aliran 5 menit yaitu mencapai 98,79 %. Pada **Gambar 3.7** menunjukkan bahwa pada laju alir 4 mL/menit mampu meremoval 80%-99% selama 30 menit waktu aliran, sedangkan pada laju alir 8 mL/menit mampu meremoval 80%-90% selama 15 menit waktu aliran. Berbeda dengan laju alir 4 mL/menit dan 8 mL/menit, laju alir tertinggi yaitu 17 mL/menit hanya mampu meremoval 50%-70% selama 15 menit waktu aliran. Pada **Gambar 3.7** kemampuan *removal* bakteri oleh spons *luffa cylindrica* , semakin cepat laju alir dan semakin lama waktu aliran menunjukkan penurunan kemampuan *removal* bakteri. Hal ini dikarenakan semakin cepat laju alir dan semakin lama waktu aliran menyebabkan nanopartikel perak pada spons *luffa cylindrica* lepas. Proses *leaching* menyebabkan kemampuan media spons *luffa cylindrica* untuk meremoval bakteri menjadi turun. Menurut Hendrayani, dkk. (2013) laju alir yang tinggi dapat menyebabkan pergerakan bakteri yang cukup kuat. Pergerakan bakteri yang kuat dapat mengakibatkan bakteri tersebut lolos dan terbawa aliran air hasil olahan.



Gambar 3.7 Grafik Hubungan Removal Bakteri Terhadap Laju Alir dan Waktu Aliran

Waktu aliran juga mempengaruhi kemampuan disinfeksi pada spons *luffa cylindrica*. Hal ini dikarenakan kemampuan media spons *luffa cylindrica* yang berlapis nanopartikel perak pada penelitian ini mengalami penurunan kinerja apabila dialirkan secara terus menerus. Pada **Gambar 3.7** nanopartikel perak pada spons *luffa cylindrica* tidak menempel secara merata, sehingga tidak keseluruhan bakteri mampu diremoval oleh spons tersebut. Sehingga apabila dialirkan air limbah secara terus menerus, terdapat bakteri yang hanya tertahan di media dan terus menumpuk pada media. Hal ini menyebabkan bakteri ikut mengalir pada air olahan. Secara kuantitatif pengujian kemampuan

antibakteri dapat ditentukan melalui *Log Removal Values* (LRV). *Log Removal Value* (LRV) hasil uji kemampuan disinfeksi secara kuantitatif pada spons *luffa cylindrica* yang telah dilapisi nanopartikel perak (AgNPs) terhadap Total Coliform dapat dilihat pada **Table 3.2**

Tabel 3.2 LRV Pada Laju Alir 4 mL/menit, 8 mL/menit, 17 mL/menit, dan Blanko

No	Waktu (menit)	LRV			
		4 mL/menit	8 mL/menit	17 mL/menit	Blanko
1	5	1,9	1,1	0,5	0
2	10	1,3	0,8	0,5	0
3	15	1,3	0,8	0,3	0
4	30	0,7	0,2	0,1	0
5	60	0,5	0	0	0
6	90	0,2	0	0	0
7	120	0	0	0	0

Pada **Gambar 3.7** menunjukkan kemampuan removal yang baik pada ketiga variasi laju alir pada rentang waktu aliran 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Selaras dengan LRV pada **Tabel 3.2** bahwa pada rentang waktu aliran 5 menit, 10 menit, dan 15 menit memperoleh nilai 1 dan 2 yang menandakan kemampuan removal bakteri berada pada rentang 90%-99%. Kecepatan laju alir yang optimum pada penelitian ini adalah 4 mL/menit dan waktu kontak spons *luffa cylindrica* dengan air limbah adalah 15 menit. Ketika menggunakan laju alir 4 mL/menit dan waktu kontak 15 menit diperoleh removal bakteri hingga 99%. Hal ini dapat diartikan bahwa nanopartikel perak dapat menempel dengan baik pada spons *luffa cylindrica* selama 15 menit waktu aliran. Setelah 15 menit, performa removal total coliform oleh spons *luffa cylindrica* menurun. Selain dipengaruhi oleh kecepatan laju alir dan waktu aliran, air limbah yang digunakan pada penelitian ini menggunakan air limbah domestik pada influen IPAL Mendiro. Karena penelitian ini hanya menggunakan reaktor skala pilot sedangkan air limbah yang digunakan sangat tinggi kandungan Total Coliform, sehingga menyebabkan efisiensi removal bakteri berkurang.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Preparasi nanopartikel perak dilakukan menggunakan metode reduksi kimia yaitu mereduksi perak nitrat (AgNO_3) dengan trisodium sitrat ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3$) yang menghasilkan koloid nanopartikel perak berwarna kuning kecoklatan. Melalui proses pelapisan (*coating*), nanopartikel

perak (AgNPs) dapat melapisi spons *luffa cylindrica* dan terjadi perubahan warna pada spons *luffa cylindrica* dari berwarna krem pucat menjadi berwarna kecoklatan.

2. Pengukuran puncak serapan dilakukan menggunakan Spektrofotometri UV-Vis pada larutan reduksi perak nitrat (AgNO_3) dengan trisodium sitrat ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3$) merupakan koloid nanopartikel perak yang berada pada kisaran 420 nm. Melalui karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), nanopartikel perak menempel pada spons *luffa cylindrica* serta sebaran nanopartikel perak berbentuk bintik-bintik berwarna putih, berukuran tidak sama, dan tidak merata dengan perkiraan ukuran nanopartikel perak 46 nm – 48 nm.
3. Pengukuran kadar perak yang lepas pada air rendaman (uji *leaching*) dilakukan menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) pada panjang gelombang 328,1 nm, bahwa semakin lama spons *luffa cylindrica* direndam maka semakin besar kadar perak yang terlepas. Hal ini dikarenakan kekuatan adhesi antara nanopartikel perak (AgNPs) dan spons *luffa cylindrica* sangat lemah.
4. Hasil persentase removal bakteri ini menandakan bahwa semakin lama waktu aliran dan semakin besar laju alir, maka semakin rendah performa removal bakteri oleh spons *luffa cylindrica* berlapis nanopartikel perak. Karena nanopartikel perak pada spons *luffa cylindrica* tidak menempel secara merata, sehingga tidak keseluruhan bakteri mampu diremoval oleh spons tersebut. Sehingga apabila dialirkan air limbah secara terus menerus, terdapat bakteri yang hanya tertahan di media dan terus menumpuk pada media. Hal ini menyebabkan bakteri ikut mengalir pada air olahan.

V. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran dari penulis yaitu :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut untuk variasi konsentrasi AgNO_3 dan jenis reduktor terhadap pembentukan ukuran partikel nanoperak dan aktivitas disinfeksi.
2. Perlu dilakukan pengujian kadar perak pada air hasil olahan yang melewati proses disinfeksi menggunakan spons *luffa cylindrica* berlapis nanopartikel perak
3. Penambahan senyawa penguat yang dapat meningkatkan stabilitas disinfeksi sangat diperlukan, karena mampu mengikat nanopartikel perak pada spons *luffa cylindrica* walaupun diberikan beberapa kali perlakuan pembilasan. Sehingga meminimalisir *leaching* nanopartikel perak pada spons *luffa cylindrica*.
4. Perlu dilakukan penelitian lanjut untuk melihat morfologi nanopartikel perak pada spons *luffa cylindrica* serta ukuran partikel nanoperak menggunakan TEM, PSA, dan SEM EDX .

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Haryono, A., Sondari, D., Harmami, S. B., Randy, M. 2008. **Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya.** *Jurnal Riset Industri.* **Volume 2.** No. 3. Hal 156-163
- Hendrayani, A. A. D., Fitriani, N., Hadi, W. 2013. **Pengaruh Ketebalan Media Geokstil dan Arah Aliran Terhadap Penyisihan Kekeruhan dan Total Coli pada Slow Sand Filter Rangkaian Seri.** *Jurnal Teknik POM ITS.* **Volume 3.** No. 1. Hal 21-25.
- Jain, P. dan Pradeep, T. 2005. **Potential of Silver Nanoparticle-Coated Polyurethane Foam As an Antibacterial Water Filter.** *Biotechnology and Bioengineering.* **Volume 1.** No. 90. Hal. 59-63.
- Kanchana, R. Dan Zantye, P. 2016. **Plant Mediated Synthesis of Silver Nanoparticles with Diverse Applications.** *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research.* **Volume 9.** No 1. Hal 159-163.
- Mecha, A. C., Otieno, F. A. O., Pillay, V. L. 2014. **Long-term Disinfection Performance of Silver Nanoparticles Impregnated Membranes.** *Desalination and Water Treatment.* Hal 1-7.
- Mohanta, N. Dan Acharya, S.K. 2015. **Fiber Surface Treatment: Its Effect on Structural, Thermal, and Mechanical Properties of Luffa Cylindrica Fiber and Its Composite.** *Journal of Composite Materials.* **Volume 50.** No. 22.
- Nadafan, M., Malekfar, R., Darbandi, A.I., Dehghani, Z. 2015. **Microstructural and Antibacterial Properties of Silver Nanoparticle-Decorated Porous Polyurethane Surface for Water Purification.** *Desalination and Water Treatment.* Hal. 1-8.
- Pandoli, O., Meirelles, F. V. P., Luz, E. M. L. L., Assumpcao, A., Martins, R. D. S., Rosso, T. D., Ghavami, K. 2016. **Synthesis of Silver Nanoparticles with Potential Antifungal Activity for Bamboo Treatment.** *Engineering Material.* **Volume 668.** Hal 86-91.
- Rivas, L., Garc, J. V. 2001. **Enhancement increase of surface enhanced Raman scattering by nucleation of citrate-silver particles.** *Langmuir.* **Vol. 17.** Hal. 574–577.
- Soliwoda, K. R., Tomaszewska, E., Socha, E., Krzyezmonik, P., Ignaczak, A., Orłowski, P., Krzyzowska, M., Celichowski, G., Grobelnt, J. 2017. **The Role of Tannic Acid and Sodium Citrate in the Synthesis of Silver Nanoparticles.** *Jounal Nanoparticles Research.* **Volume 19.** No. 273.
- Tristyanto, N. 2016. **Buku Monograf : Uji Bakteriologi MPN Coliform dan Escherichia Coli pada Air Baku Kolam Renang di Kota Malang.** Malang : PT. Semesta Anugerah.