

# UNJUK KERJA MEDIA SPONS *LUFFA CYLINDRICA* BERLAPIS NANOPARTIKEL PERAK (AgNP) DAN GRAPHENE OXIDE (GO) UNTUK PROSES DISINFEKSI PADA IPAL KOMUNAL

Performance of *Luffa cylindrica* Sponge Media Coated With Silver Nanoparticle (AgNPs) and Graphene Oxide (GO) for Disinfection Process of Decentrized Wastewater Treatment

Cahyo Widoko Laksono

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

Yogyakarta, Indonesia.

Email: [cahyo.widokolaksono@gmail.com](mailto:cahyo.widokolaksono@gmail.com)

## ABSTRAK

*Pengolahan Air limbah domestik kini semakin ketat, parameter total coliform menjadi parameter baru dalam pengolahan air limbah di Indonesia, disinfeksi menjadi proses yang penting untuk menghilangkan total coliform. Kajian ini bertujuan menyiapkan teknologi disinfeksi pada pengolahan air limbah domestik menggunakan media berupa *Luffa cylindrica* yang dilapisi dengan nanopartikel perak-graphene oxide (AgGO), mengetahui karakteristiknya, beserta kinerjanya. Dalam pelaksanaan penelitian ini media disinfeksi yang digunakan adalah *Luffa cylindrica*. Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Spektrofotometri UV-Vis digunakan untuk mengetahui karakteristik media disinfeksi, reaktor skala pilot digunakan untuk menguji kinerja media disinfeksi, metode Most Probable Number (MPN) dan Log Removal Value (LRV) digunakan untuk mengetahui kinerja media disinfeksi secara kuantitatif. Sampel limbah yang digunakan berasal dari Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Mendirol, Yogyakarta. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan kemampuan removal bakteri coliform *Luffa cylindrica* berlapis AgGO mencapai 99% dengan LRV 2.6.*

*Kata Kunci: AgGO, Disinfeksi, *Luffa cylindrica*, Total Coliform*

## ABSTRACT

*Domestic wastewater treatment is now getting tighter, the total coliform parameters are becoming a new parameter in wastewater treatment in Indonesia, disinfection is an important process to eliminate total coliform. This study aims to prepare disinfection technology for domestic wastewater treatment using media in the form of *Luffa cylindrica* coated with silver-graphene oxide (AgGO) nanoparticles, knowing their characteristics, and their performance. In the implementation of this research the disinfection media used was *Luffa cylindrica*. Scanning Electron Microscopy (SEM) and UV-Vis Spectrophotometry were used to determine the characteristics of disinfection media, pilot scale reactors were used to test the performance of disinfection media, Most Probable Number (MPN) and Log Removal Value (LRV) methods were used to determine the performance of quantitative disinfection media. Wastewater samples used are from Mendirol Communal Wastewater Treatment Plant, Yogyakarta. Based on the results of the study showed that removal ability of coliform bacteria of *Luffa cylindrica* coated AgGO was 99% with an LRV of 2.6.*

*Keywords: AgGO, Disinfection, *Luffa cylindrica*, Total Coliform*

## I PENDAHULUAN

Badan Pusat Statistik (2015) menyebutkan bahwa pengolahan air limbah yang merupakan bagian dari sanitasi di Indonesia baru tercapai 62.14 % dari target pencapaian 100 % akses sanitasi pada tahun 2019. IPAL Komunal selama ini dijadikan cara pemerintah Indonesia untuk menuntaskan masalah sanitasi terkait pengolahan air limbah, selain efektivitas dalam pengolahan air limbah domestik perlu menyesuaikan atau mengikuti peraturan terkait baku mutu air limbah domestik yang ada. Salah satu parameter baku mutu dalam lampiran 1 PerMenLHK No. 68 Tahun 2016 adalah Total Coliform dengan kadar maksimum yang diperbolehkan sebesar 3000/100 ml. Total Coliform merupakan parameter baru dalam pengolahan air limbah dibandingkan dengan peraturan sebelumnya yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Proses disinfeksi pada tahap *post treatment* perlu dilakukan untuk mencapai standar baru parameter yang ada. Nanopartikel untuk disinfeksi (penghilangan bakteri patogen) semakin banyak digunakan. Nanopartikel perak dan graphene oxide menjadi teknologi antibakteri yang sedang dikembangkan. *Luffa cylindrica* merupakan tanaman yang mempunyai potensi sebagai media pengolahan air dan berpotensi untuk dijadikan media *coating* nanopartikel karena karakteritiknya yang berpori, luas permukaan yang lebih.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja media spons *Luffa cylindrica* berlapis AgNPs dan GO untuk proses disinfeksi IPAL Komunal, mengetahui karakteristik dan unjuk kerjanya. Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan terhadap ilmu teknik lingkungan dan terwujudnya teknologi tepat guna terhadap masalah-masalah air limbah dan air bersih di Indonesia.

## II METODE PENELITIAN

### 2.1 Alat dan Bahan

Bubuk grafit, Kalium Permanganat analisis ( $\text{KMnO}_4$ ), Sodium Nitrat analisis ( $\text{NaNO}_3$ ), Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 96%, serta  $\text{H}_2\text{O}_2$  digunakan dalam sintesis *graphene oxide* (GO) sesuai metode Hummer. Sentrifugasi digunakan untuk membersihkan *graphene oxide* dari endapan grafit dan senyawa lain. Perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) direduksi secara kimiawi dengan trisodium sitrat ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ) dalam sintesis AgNP.

## 2.2 Sintesis AgNP dan AgGO

Graphene oxide dipersiapkan dengan metode Hummer dengan mereaksikan 2 g grafit dengan 1 g  $\text{NaNO}_3$  dalam 46 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada suhu  $0^\circ\text{C}$  (suhu ini didapatkan dengan *ice bath*). Kemudian 6 g  $\text{KMnO}_4$  ditambahkan secara perlahan ke dalam larutan sebelumnya hingga didapatkan suspensi dengan warna hijau gelap. Suspensi yang telah didapat dipanaskan pada suhu  $40^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Kemudian suspensi dicuci menggunakan 80 mL air destilasi dan 20 mL hydrogen peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 10 %. Setelah sentrifugasi digunakan untuk memisahkan endapan grafit dan larutan *graphene oxide*.

Preparasi nanopartikel perak (AgNP) dilakukan langsung pada larutan *graphene oxide* dengan dengan mereduksi perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) menggunakan larutan pereduksi sodium sitrat ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ). Serbuk  $\text{AgNO}_3$  dimasukkan ke dalam gelas beaker dan melarutkan perak nitrat 0,005 M sebanyak 25 mL dengan 125 mL *graphene oxide* dalam keadaan hangat. Kemudian ditambahkan 5 mL larutan sodium sitrat 1 % perlahan tetes demi tetes untuk mencegah adanya aglomerasi. proses pemanasan dilanjutkan hingga larutan berubah warna menjadi kuning kecoklatan yang menandakan AgGO telah terbentuk.

## 2.3 Coating Media Spons *Luffa cylindrica*

Potongan spons *Luffa cylindrica* direndam di dalam larutan AgGO selama kurang lebih 12 jam sebelum nantinya dibilas berulang kali (3 sampai 4 kali) dengan akuades untuk menghilangkan ion teradsorpsi seperti sitrat dan udara kering. Tahap terakhir spons *Luffa cylindrica* yang sudah dibilas dikeringkan dalam oven pada suhu  $60^\circ\text{C}$ .

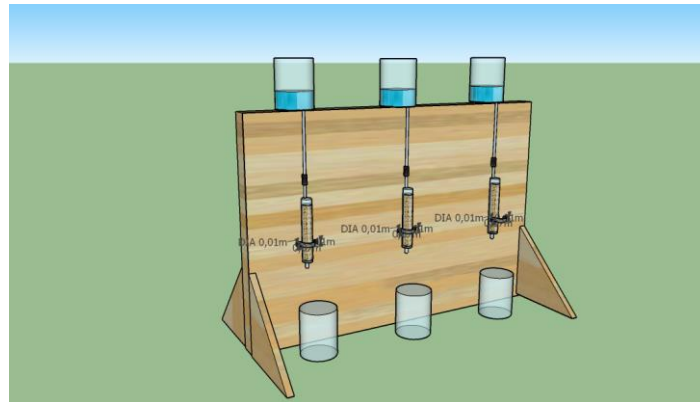
## 2.4 Karakterisasi

Analisa morfologi media spons *Luffa cylindrica* dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui adanya karakteristik lapisan *graphene oxide* dan partikel AgNPs yang menempel pada *Luffa cylindrica*. Untuk mengetahui ketahanan *leaching* AgGO melapisi *luffa cylindrica* maka dilakukan pengujian dengan merendam *luffa cylindrica* yang sudah terimpregnasi nanopartikel perak pada larutan dan selama waktu 1 jam, 3 jam, 5 jam, 12 jam dan 48 jam untuk kemudian air rendamannya akan diuji menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) guna mengetahui adanya kandungan Ag yang diasumsikan lisis dari *Luffa cylindrica* yang telah direndam.

## 2.5 Unjuk Kerja Media Spons *Luffa cylindrica* sebagai Disinfeksi

Analisa unjuk kerja media spons *Luffa cylindrica* sebagai disinfeksi dilakukan dengan tahapan melihat unjuk kerjanya sebagai removal bakteri terhadap debit air limbah yang dikontakkan, dari tahap

ini akan diketahui hubungan persen removal dan debitnya. Air limbah yang digunakan merupakan air limbah domestic dari IPAL komunal Mandiro yang ada di kabupaten Sleman.



**Gambar 3.1** Reaktor Skala Pilot Uji Unjuk Kerja Luffa cylindrica

Reaktor ini didesain dengan sistem downflow menggunakan pipa transparan yang telah diisi Luffa cylindrica berlapis AgGO dengan diameter 2 cm dan panjang 15 cm. Pipa tersebut dipasangkan pada papan dengan ukuran 1,5 m x 1 m. Air limbah influent dialirkan melalui selang infus dilengkapi dengan katup yang berfungsi untuk mengontrol laju aliran air limbah, laju aliran yang digunakan untuk flowrate rendah, sedang dan tinggi secara berurutan adalah 4ml/menit, 8 ml/menit, dan 17 ml/menit. Sedangkan untuk lamanya pengujian untuk tiap flowrate adalah 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Uji removal dihitung dengan metode Most Probable Number (MPN) dan Log Removal Value (LRV).

Penentuan jumlah mikroba dilakukan dengan mengkonversi jumlah tabung reaksi positif berdasarkan tabel indeks *Most Probable Number* (MPN) dan dikali faktor pengenceran. Untuk mengetahui efisiensi removal bakteri (R), maka langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$R (\%) = \left( \frac{C_{influen} - C_{effluen}}{C_{influen}} \right) \times 100 \% \dots \dots \dots (2.1)$$

*Log Removal Values* (LRV) merupakan langkah lain dalam mengetahui efisiensi antibakteri secara kuantitatif. *Log Removal Values* (LRV) diartikan sebagai ukuran kemampuan suatu proses pengolahan dalam menghilangkan mikroorganisme patogen. LRV ditentukan dengan mengambil logaritma dari ratio konsentrasi patogen pada influen dan effluen air dari proses pengolahan dengan langkah sebagai berikut:

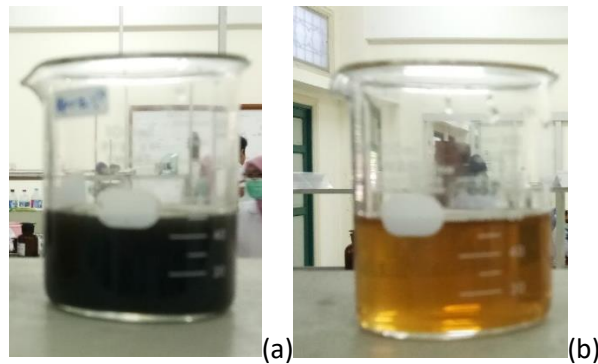
$$LRV = \log_{10} \left( \frac{C_{influen}}{C_{effluen}} \right) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan ketentuan bahwa data LRV dengan nilai 1, 2, dan 3 secara berurutan akan setara dengan persen removal sebesar 90%, 99%, dan 99,9% dari patogen target.

### III HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Preparasi *Graphene Oxide* (GO)

Metode sintesis yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Hummers (Hummers, 1958). Penambahan asam-asam kuat dan lamanya waktu dalam proses pembuatan *graphene oxide* bertujuan untuk menghomogenkan dan mempercepat proses pemutusan ikatan antara lapisan-lapisan dalam karbon. Selain asam-asam kuat tersebut di akhir proses dilakukan penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebagai zat pengoksidasi dan berperan penting untuk membantu pemutusan ikatan menjadi satu lapisan atom, selain itu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> berperan dalam mereduksi residu permanganat habis reaksi.



**Gambar 3.1** Sintesis Graphene Oxide: (a) graphene oxide, (b) graphene oxide setelah sentrifugasi

Pada perlakuan penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> seharusnya menghasilkan perubahan warna dari hitam kecoklatan (**Gambar 3.1** (a)) menjadi warna kuning kenari seperti yang terlihat pada **Gambar 3.1** (b), akan tetapi pada prosesnya tidak terjadi perubahan warna yang signifikan, hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh pengaruh suhu, semakin tinggi suhu maka proses oksidasi yang berlangsung juga akan semakin cepat sehingga perubahan warna yang dihasilkan menjadi tidak tampak (Quintana et al. 2012). Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan proses sentrifugasi untuk menghilangkan zat pengoksidasi dan menstabilkan tingkat keasaman dari ion-ion sulfat, KMnO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan senyawa-senyawa yang terdapat di dalam larutan *graphene oxide* (Thelman et al. 2004).

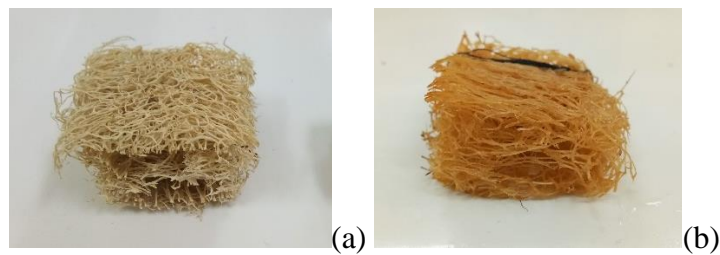
### 3.2 Preparasi Nanopartikel Perak Graphene Oxide (AgGO)

Nanopartikel perak (AgNPs) mempunyai karakteristik yang mudah teraglomerasi dan teroksidasi, sehingga dibutuhkan penambahan senyawa lain sebagai stabilisator pada proses pembentukannya. Selain sebagai reduktor trisodium sitrat ( $C_6H_5O_7Na_3$ ) berperan sekaligus sebagai stabilisator. AgGO yang telah terbentuk diindikasikan dengan perubahan warna larutan menjadi berwarna lebih gelap seperti pada **Gambar 3.2** jika dibandingkan dengan larutan GO pada **Gambar 3.1** (d) berikut:



**Gambar 3.2** Larutan Hasil Sintesis AgGO

Potongan spons *Luffa cylindrica* dilapisi AgGO dengan cara direndam dalam larutan AgGO, untuk dapat melekat pada permukaan media spons *Luffa cylindrica* setidaknya dibutuhkan waktu tidak kurang dari 12 jam.



**Gambar 3.3** *Luffa cylindrica* sebelum (a) dan sesudah (b) direndam AgGO

Terlihat perbedaan warna pada *Luffa cylindrica* (**Gambar 3.3**) sebelum dan sesudah dilakukan pelapisan dengan AgGO. *Luffa cylindrica* yang telah dilapisi AgGO berwarna kuning kecoklatan, menandakan lapisan AgGO telah melekat pada permukaan *Luffa cylindrica*.

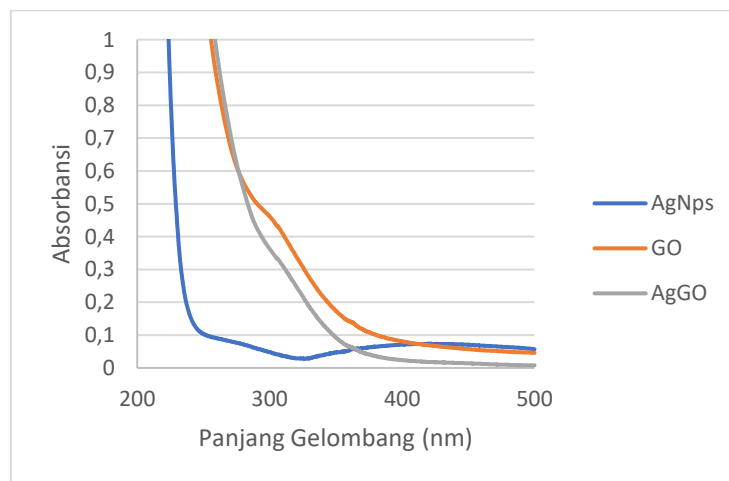
### 3.3 Karakterisasi *Luffa cylindrica* Berlapis AgGO

Karakterisasi dilakukan menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) dengan tujuan mengetahui dan memastikan morfologi dari *Luffa cylindrica* yang telah dilapisi nanopartikel perak-graphene oxide (AgGO). Dalam penelitian ini tidak dapat dilakukan uji SEM maupun TEM terhadap media *Luffa cylindrica* berlapis AgGO karena kendala peralatan uji. Namun dengan karakteristik yang

telah disebutkan di atas, melalui metode persiapan yang identik, maka dapat diasumsikan AgGO telah melekat pada permukaan *Luffa cylindrica*.

### 3.4 Puncak Serapan Koloid AgNPs, GO dan AgGO

Pengukuran puncak serapan koloid nanopartikel perak (AgNPs), *Graphene Oxide* (GO), dan nanopartikel perak graphene oxide (AgGO) dilakukan menggunakan Spektrofotometri UV-Vis. Pengukuran dilakukan pada rentang panjang gelombang 200 nm – 500 nm. Hasil pengukuran puncak serapan koloid AgNPs, GO dan AgGO dapat dilihat pada **Gambar 3.4** berikut:



**Gambar 3.4** Puncak Serapan Koloid AgNPs, Go, AgGO

Analisis UV-Vis dari graphene oksida murni penelitian Li *et al* (2018) puncaknya ada pada sekitar 230 dan 310. AgNPs dan AgGO mempunyai puncak serapan secara berurutan pada panjang gelombang 418 nm dan 420 nm karena adanya resonansi plasmon permukaan AgNPs. Di samping itu ada rentang penyerapan yang luas untuk sampel AgGO pada 210-240 nm, yang dapat dikaitkan dengan adanya graphene oxide (Li *et al.*, 2018). Pada penelitian ini hasil puncak terbaca sesuai dengan literatur yang ada, namun tidak nampak dengan jelas, tidak terlihat signifikan antara puncak dan lembah dari grafik yang terbentuk, terutama pada AgNPs dan AgGO. Untuk AgGO kemungkinan yang terjadi adalah partikel AgNPs tertutup oleh lapisan-lapisan graphene oxide sehingga rentang serapannya luas dan tidak terbaca spesifik pada satu puncak serapan. Partikel Ag tetap ada dalam koloid AgGO uji yang dibuktikan dengan lisisnya partikel Ag pada uji *leaching*.

Larutan koloidal nanopartikel perak (AgNP) yang diencerkan dan dianalisis dengan spektrofotometer UV-VIS akan menghasilkan luaran berupa puncak serapan yang dengan puncak serapan tersebut ukuran nanopartikel dapat diperkirakan dengan persamaan empiris berikut:

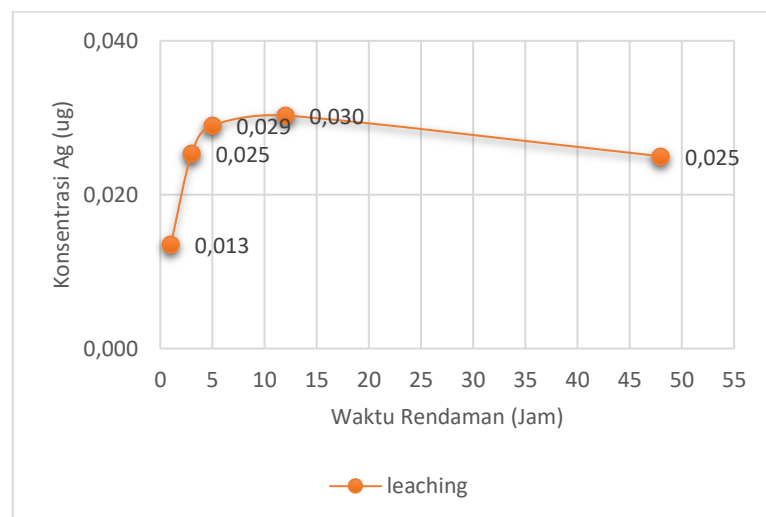
$$D = - 0,005441 \lambda^2_{\max} + 5,654 \lambda_{\max} - 1367$$

Hubungan antara diameter nanopartikel perak dan penyerapan maksimum diberikan oleh hubungan di mana D adalah diameter partikel dalam nm dan  $\lambda_{\max}$  adalah panjang gelombang maksimum pita Permukaan Plasmon Ressonance (SPR) dari nanopartikel dalam nm (Pandoli *et al*, 2016).

Hasil perkiraan ukuran nanopartikel perak dengan puncak serapan sebesar 420 nm menggunakan rumus empiris tersebut adalah 47.8 nm. Hasil perkiraan tersebut menunjukkan bahwa nanopartikel yang dihasilkan dan digunakan dalam penelitian untuk melapisi media *Luffa cylindrica* ini masih dalam rentang nanopartikel yaitu 1-100 nm. Sedangkan untuk nanopartikel *graphene oxide* belum dapat diperkirakan ukuran partikelnya dalam penelitian ini. Rumus empiris tersebut adalah rumus yang digunakan untuk nanopartikel perak.

### 3.5 Uji Leaching

Uji *leaching*/lisis dilakukan untuk mengetahui ketahanan daya lekat nanopartikel perak - graphene oxide (AgGO) pada *Luffa cylindrica*. Pengukuran kadar perak yang lepas dilakukan menggunakan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) pada panjang gelombang 328.1 nm. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3.5** berikut:



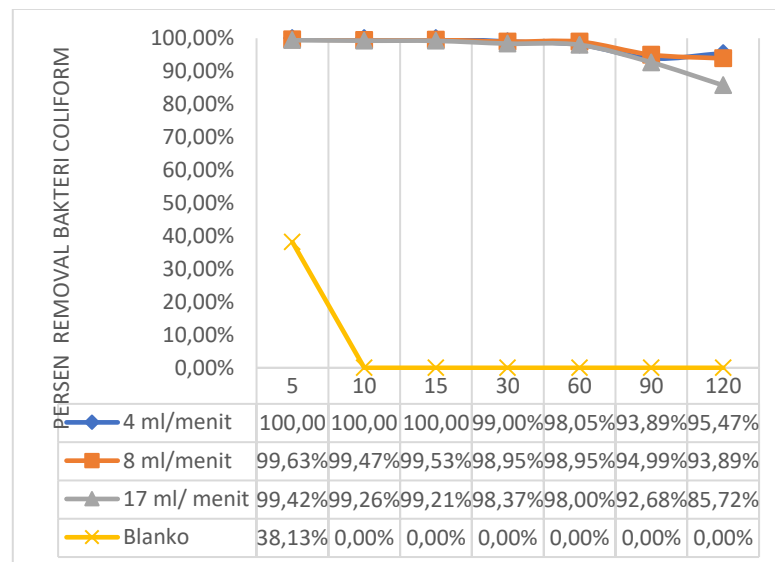
**Gambar 3.6** Konsentrasi Partikel Ag



Dari **Gambar 3.6** diketahui konsentrasi leaching Ag dari *Luffa cylindrica* secara berurutan untuk waktu rendaman 1 jam, 3 jam, 5 jam, 12 jam dan 48 jam adalah 0.013 mg/l, 0.025 mg/l, 0.029 mg/l, 0.030 mg/l dan 0.025 mg/l. Diketahui bahwa *Luffa cylindrica* berlapis AgGO mengalami proses lisis dan melepas partikel Ag yang berbanding lurus dengan lamanya waktu rendaman. Semakin lama *Luffa cylindrica* terkena kontak dengan air maka semakin besar lisis partikel Ag.

Semakin lama waktu rendaman *Luffa cylindrica* berlapis AgGO maka semakin tinggi konsentrasi perak yang terlepas. Fenomena ini terjadi dikarenakan pengaruh gaya tarik partikel, yaitu adhesi – gaya tarik antar partikel yang tidak sejenis. Dalam kasus ini dapat kita ketahui bahwa kekuatan adhesi nanopartikel perak – graphene oxide (AgGO) ke *Luffa cylindrica* ditentukan oleh kuat lemahnya gaya van der Waals, seperti kasus yang terjadi pada pengujian leaching Ag pada kaca berlapis AgNPs yang dilakukan oleh Brobbey *et al* (2018). Selain itu, penyebaran AgGO dalam air rendaman menyebabkan pelepasan ion Ag<sup>+</sup>. Leaching Ag juga bergantung pada konsentrasi perak yang melekat pada *Luffa cylindrica* (Mecha *et al*, 2014). Lisis Ag tertinggi pada waktu 12 jam adalah 0.030 mg/l atau sama dengan itu berarti dalam partikel Ag yang terlepas dari *Luffa cylindrica* dalam kurun waktu tersebut tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan untuk air minum yaitu sebesar 100 ppb (WHO, 2014).

Unjuk kerja *Luffa cylindrica* berlapis AgGO secara lebih jelas dapat dilihat pada grafik berikut:



**Gambar 3.7** Grafik Hubungan Removal Bakteri Terhadap Laju Alir dan Waktu Tinggal

Semakin lama waktu kontak maka persen removal bakteri semakin baik, namun semakin lama waktu tinggal maka persen removal semakin rendah. Hal ini dikarenakan kemampuan media *Luffa cylindrica* berlapis AgGO pada penelitian ini mengalami penurunan kinerja apabila dialiri air limbah secara terus menerus. Berikut merupakan hasil perhitungan unjuk kerja anti bakteri dari *Luffa cylindrica* berlapis nanopartikel perak-graphene oxide (AgGO):

**Tabel 3.1 Removal Value (LRV) Antibakteri *Luffa cylindrica***

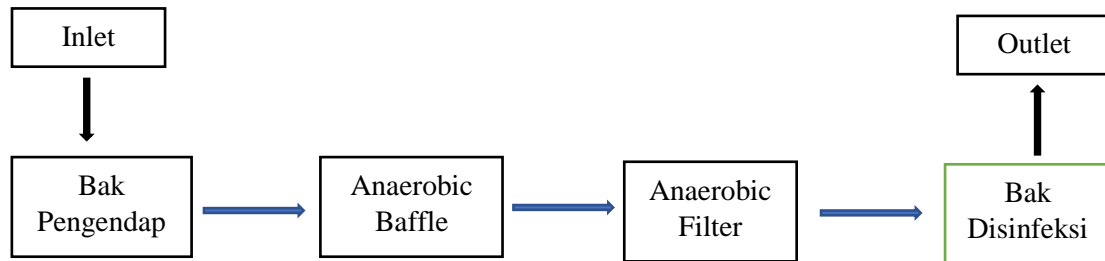
Log Removal Value (LRV)			
Waktu (menit)	4 ml/ menit	8 ml/ menit	17 ml/menit
5	2,4	2,5	2,3
10	2,4	2,4	2,2
15	2,4	2,6	2,2
30	2,1	2,1	1,8
60	2,1	2,1	1,7
90	1,1	1,2	0,9
120	1,2	1,2	0,7

Media spons *Luffa cylindrica* mempunyai performa yang baik dan mampu bersaing dengan media *coating* yang pernah digunakan/diteliti seperti ada **Tabel 3.2** berikut:

**Tabel 3.2 Perbandingan Efisiensi Removal dan LRV Antar Media Coating**

Media	Nanopartikel	Parameter	Efisiensi Removal (LRV)	Efisiensi Removal (%)	Referensi
<i>Polyurethane foams</i>	AgNP	<i>Escherecia Coli</i>	2	99%	(Jain P. <i>et al</i> , 2005)
<i>Polyurethane foams</i>	AgGO	Total Coliform	2,3	>99%	(Andita R., 2018)
<i>Luffa cylindrica</i>	AgNP	Total Coliform	0,5	>90%	(Wigati A., 2018)
<i>Luffa cylindrica</i>	AgGO	Total Coliform	2,6	>99%	Penelitian ini

Dalam penerapannya pada IPAL Komunal, waktu kontak disinfeksi minimum dapat dioptimalkan dengan mengatur luas permukaan kontak dan jumlah unit yang digunakan (Ugrina M. *et al*, 2017).



**Gambar 3.8** Skema Aplikasi Disinfeksi di IPAL Komunal

#### IV KESIMPULAN

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

1. Preparasi nanopartikel perak-graphene oxide (AgGO) dapat dilakukan dengan metode Hummer termodifikasi dan reduksi kimia.
2. Karakterisasi dilakukan dengan Scanning Electron Microcopy (SEM), berdasarkan metode dan ciri yang ada AgGO telah melekat pada permukaan spons *Luffa cylindrica*. Puncak serapan koloid GO, AgNPs dan AgGO secara berurutan ada pada panjang gelombang 230 nm, 418 nm dan 420 nm. Leaching terjadi pada media spons *Luffa cylindrica* berlapis AgGO. Leaching pada 48 jam sebesar 0.2 mg/l tidak melebihi baku mutu perak untuk air minum 1 mg/l.
3. Persentase removal bakteri yang ada menunjukkan bahwa semakin besar laju alir dan semakin lama waktu aliran, maka semakin rendah kinerja removal bakteri oleh spons *Luffa cylindrica* berlapis AgGO.

#### V SARAN

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

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut untuk variasi konsentrasi sintesis dan jenis reduktor terhadap pembentukan AgGO, ukuran partikel dan aktivitas antibakterinya.
2. Pengujian karakteristik lebih detail dan mendalam terkait media disinfeksi berlapis AgGO sangat perlu dilakukan. Misalnya dengan menggunakan TEM, EDX, dan PSA.

## VI DAFTAR PUSTAKA

- Andita, R. 2018. **Unjuk Kerja Media Spons Polyurethane Berlapis Nanopartikel Perak (AgNP) dan Graphene Oxide (GO) untuk Proses Disinfeksi IPAL Komunal**
- Ariyanta, H. A. 2014. **Silver Nanoparticles Preparation by Reduction Method and its Application as Antibacterial for Cause of Wound Infection**. Jurnal MKMI, 1, 36–42.
- Bing K. Yenab dan Birgit E. Schwickert. 2004. **Origin of low-friction behavior in graphite investigated by surface x-ray diffraction**. SLAC-PUB-10429
- Deng, C.H., Gong, G.M., Zeng, C., Niu, Q., Niu, Y., Zhang, W., Liu, H.Y. 2014. **Inactivation Performance and Mechanism of Escherichia coli in aqueous system exposed to iron oxide loaded graphene nanocomposites**. J. Hazard. Mater. Vol. 276. Hal 66-76.
- Jain, P., Pradeep, T., 2004, **Potential of Silver Nanoparticle-Coated Polyurethane Foam As an Antibacterial Water Filter**, Willey InterScience.
- Jing, L., Tan, H. L., Amal, R., Ng, Y. H., Sun, K., 2013, **Polyurethane Sponge Facilitating Highly Dispersed TiO<sub>2</sub> Nanoparticles on Reduced Graphene Oxide Sheets for Enhanced Photoelectro-Oxidation of Ethanol**, Journal of Materials Chemistry A, Royal Society of Chemistry.
- M. Ugrina, N. Vukojević Medvidović, M. Trgo, and I. Nuić. 2017. **Optimization of Removal Efficiency and Minimum Contact Time for Cadmium and Zinc Removal onto Iron-modified Zeolite in a Two-stage Batch Sorption Reactor**. Chem. Biochem. Eng. Q., 31 (4) 425–435.
- Pandoli, O., Pereira-M, F. V., Luz, E. M. L. L., Assumpcao, A., Martins, R. S., Rosso, T., Ghavami, K. 2016. **Synthesis Of Silver Nanoparticles With Potential Antifungal Activity For Bamboo Treatment**. Key Engineering Materials. Vol. 668. Hal. 86-91.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (PerMen LHK) Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Quintana, M., Vazquez, E., Prato, M. 2012. **Organic Functionalization of Graphene in Dispersions**. Acc. Chem. Res., Vol 46. Hal. 138–148
- Shao, W., Liu, H., Liu, X., Sun, H., Wang, S., Zhang, R. 2015. **pH-responsive release behaviour and Antibacterial activity of Bacterial Cellulose-silver Nanocomposites**. International Journal Biol. Macromol. Vol. 76. Hal. 209-217.
- Song, B., Zhang, C., Zeng, G., Gong, J., Chang, Y., Jiang, Y., 2016, **Antibacterial Properties and Mechanism of Graphene Oxide-silver Nanocomposites as Bactericidal Agents for Water Disinfection**, Archives of Biochemistry and Biophysics, Vol. 604, Hal. 167-176.
- WHO, 2011, **Guidlines for Drinking-water Quaity**, World Health Organization.
- Wigati, A. 2018. **Unjuk Kerja Media Spons Luffa cylindrical Berlapis Nanopartikel Perak (AgNP) untuk Proses Disinfeksi IPAL Komunal**.
- Williams, Hummers Jr, Richarde, Offeman. 1957. **Preparation of Graphitic Oxide**. Contribution From The Baroid Division, National Lead Company.