

# **UNJUK KERJA MEDIA SPONS *POLYURETHANE* BERLAPIS NANOPARTIKEL PERAK (AGNP) DAN *GRAPHENE OXIDE* (GO) UNTUK PROSES DESINFEKSI PADA IPAL KOMUNAL**

## ***PERFORMANCE OF POLYURETHANE SPONGE COATED WITH SILVER NANOPARTICLES (AGNPS) AND GRAPHENE OXIDE (GO) FOR DISINFECTION PROCESS IN DECENTRALIZE WWTP***

**Redi Andita**

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

Email : [redyandita@gmail.com](mailto:redyandita@gmail.com)

### **ABSTRAK**

*Menghilangkan bakteri patogen dalam air merupakan hal yang sangat penting dalam proses untuk penggunaan air baik untuk sanitasi maupun air minum. Perkembangan nanosains dan nanoteknologi dalam dekade terakhir memberi kesempatan untuk mengatasi masalah ini. Kajian ini bertujuan untuk menyiapkan media spons poliuretana berlapis AgGO yang digunakan sebagai media desinfeksi dan karakterisasi media berlapis AgGO serta unjuk kerja media dalam skala pilot. Dalam penelitian ini preparasi AgGO dilakukan dengan mensintesis GO dengan metode Hummers dan kemudian sintesis AgNP dilakukan dalam larutan GO dengan menggunakan reduktor sodium sitrat. Karakterisasi dilakukan menggunakan SEM dan Spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 230 nm untuk GO dan panjang gelombang 420 nm untuk AgNP. Uji ketahanan media yang dilakukan dengan merendam dalam akuades menunjukkan adanya pelepasan Ag dengan konsentrasi tertinggi 0,020 ug/mL dalam waktu 48 jam. Hasil uji total coliform untuk masing-masing flowrate 4mL/menit, 8mL/menit, dan 16 mL/menit menunjukkan adanya removal total coliform dengan perbedaan efisiensi removal. Hasil uji total coliform rata-rata menunjukkan efisiensi 90% dengan nilai LRV dapat mencapai 2,3. Efisiensi removal tertinggi didapat pada flowrate 4 mL/menit dan waktu efektif pengurangan bakteri terjadi pada 30 menit awal.*

*Kata Kunci : Air Limbah, Coliform, Nanopartikel Perak (AgNP), Graphene Oxide (GO)*

### **ABSTRACT**

*Eliminating pathogenic bacteria in water is very important in the process for the use of water for both sanitation and drinking water. The development of nanoscience and nanotechnology in the last decade provided an opportunity to overcome this problem. This study aims to prepare polyurethane sponge media coated with AgGO used as disinfection media and characterization as well as media performance on a pilot scale. In this study AgGO preparation was carried out by synthesizing GO with Hummers method and then AgNP synthesis was carried out in GO solution using sodium citrate reducing agent. Characterization was carried out using SEM and UV-Vis Spectrophotometer with a wavelength of 230 nm for GO and a wavelength of 420 nm for AgNP. Media resistance test carried out by soaking in distilled water showed the release of with the highest concentration of 0.020 ug / mL within 48 hours.. The total coliform test results for each flowrate of 4 ml / minute, 8 ml / minute, and 16 ml / minute showed the presence of total coliform removal with different removal efficiency. The average coliform test results showed an efficiency of 90% with a LRV value of up to 2.3. The highest removal efficiency was obtained at a flowrate of 4 mL / minute and the effective time of bacterial reduction occurred in the initial 30 minutes.*

*Keyword : Waste Water, Coliform, Silver Nanoparticles (AgNPs), Graphene Oxide (GO)*

## **I. Pendahuluan**

Saat ini selain pencemaran akibat air limbah industri, pencemaran akibat limbah domestik pun cukup serius seiring bertambahnya jumlah penduduk. Berdasarkan data status lingkungan hidup (SLHD) DIY tahun 2015 kondisi sungai-sungai di DIY dalam kondisi tercemar berat dari hulu hingga hilir dengan kandungan bakteri coli yang tinggi. Dengan banyaknya unsur pencemar yang terkandung dalam air limbah sehingga diperlukan pengolahan air limbah untuk mengurangi beban pencemaran. Di kota Yogyakarta sendiri terdapat 51 unit IPAL komunal yang tersebar di seluruh daerah guna meminimalisir pencemaran akibat limbah domestik. Meskipun demikian berdasarkan hasil uji kualitas air limbah domestik diketahui sebanyak 80% IPAL komunal memiliki kualitas olahan yang melebihi baku mutu. Melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016. Parameter Total Coliform dengan kadar maksimum yang diperbolehkan sebesar 3000/100 ml merupakan parameter baru dalam pengolahan air limbah dibanding dengan peraturan sebelumnya. Sehingga perlu adanya teknologi tepat guna dalam proses pengolahan air limbah tersebut.

Perkembangan nanosains dan nanoteknologi dalam dekade terakhir memberi kesempatan untuk mengatasi masalah ini. Pada penelitian yang dilakukan Jain & Pradeep (2005) Nanopartikel perak dapat digunakan sebagai media filter air antibakteri dengan melapisi spons *polyurethane* dengan AgNP dengan hasil memenuhi syarat air minum sesuai WHO. Untuk diaplikasikan dalam skala yang lebih besar pada pengolahan air limbah banyak hal yang perlu diperhatikan termasuk dispersi, retensi, dan sustainabilitas dari nanopartikel. Graphene Oxide (GO) telah banyak digunakan sebagai pendukung untuk menyebarkan dan menstabilkan banyak nanopartikel dan juga memiliki sifat antibakteri (Shao et al., 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk mempersiapkan media desinfeksi berupa spons poliuretan berlapis nanopartikel perak (AgNP) dan Graphene Oxide (GO) dan mengidentifikasi karakteristik serta unjuk kerja media desinfeksi spons poliuretan berlapis nanopartikel perak (AgNP) dan Graphene Oxide (GO). Penelitian ini diharapkan menjadi rekomendasi teknologi tepat guna dan ramah lingkungan dalam mengolah air limbah pada IPAL Komunal dengan media desinfeksi spons poliuretan berlapis nanopartikel perak (AgNP) dan Graphene Oxide (GO).

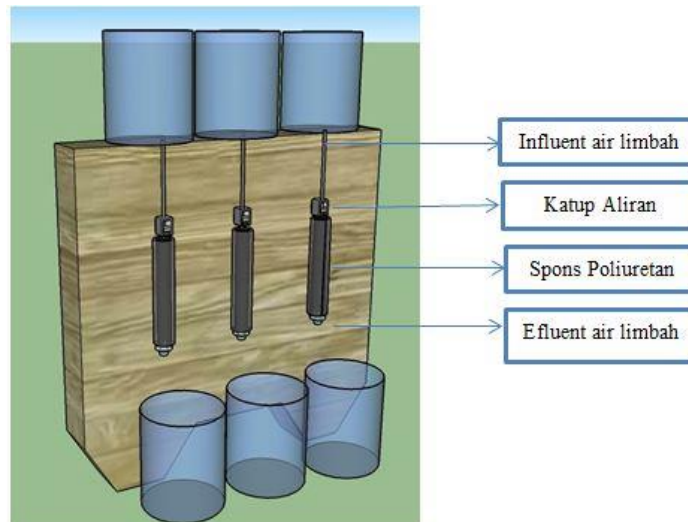
## **II. Metode Penelitian**

### **2.1 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

### **2.2 Persiapan Reaktor**

Dalam penelitian ini digunakan reaktor filter skala pilot untuk unjuk kerja filter spons polyurethane berlapis AgGO. Reaktor ini didesain dengan sistem *downflow* dengan menggunakan pipa yang diisi dengan spons *polyurethane* dengan diameter 2 cm dan panjang 15 cm. Pipa tersebut di pasang pada papan dengan ukuran 1,5 m x 1 m. Air limbah influent dialirkan melalui selang infus yang dilengkapi dengan katup untuk mengontrol aliran air limbah seperti gambar 1.



Gambar 1 Reaktor filter skala pilot

### 2.3 Preparasi spons *polyurethane*

Media yang digunakan pada penelitian ini adalah spons polyurethane dengan ukuran spons 3 cm x 3 cm x 2 cm. Sebelum digunakan spons *polyurethane* di sterilisasi dengan direndam menggunakan aseton selama 1 jam kemudian dibilas dengan akuades dan dikeringkan pada suhu 100°C selama 15 menit.

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

Metode untuk mempersiapkan graphene oxide ini mengikuti penelitian terkait Jing et al (2015) yaitu dengan mereaksikan 2 g grafit dengan 1 g NaNO<sub>3</sub> dalam 46 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada suhu 0°C (suhu ini didapatkan dengan ice bath) diaduk dengan magnetik stirer selama 4 jam. Kemudian 6 g KMnO<sub>4</sub> ditambahkan secara perlahan ke dalam larutan sebelumnya hingga didapatkan suspensi dengan warna hijau gelap. Langkah selanjutnya adalah memanaskan suspensi yang telah didapat pada suhu 40°C selama 1 jam. Kemudian suspensi dicuci menggunakan 80 mL air destilasi dan 20 mL hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 10 %.. Langkah terakhir adalah memisahkan suspensi dengan sentrifugasi, agar diperoleh larutan *graphene oxide*.

### 2.5 Preparasi Nanopartikel Perak-Graphene Oxide (AgGO)

Preparasi *graphene oxide* dilakukan dengan menggunakan metode Hummer yang mengikuti penelitian Jing et al., (2015). Sintesis Ag dilakukan dengan metode yang sesuai dengan metode penelitian potensi nanopartikel perak Jain & Pradeep (2005) yang mengacu pada prosedur literatur terkait Kamat et al (1998). 25 ml larutan 0.005 M AgNO<sub>3</sub> dilarutkan dalam 125 ml *Graphene oxide* dan dipanaskan hingga mendidih. Kemudian ditambahkan 5 mL larutan sodium sitrat dengan pipet tetes, pemanasan larutan diteruskan hingga warna berubah menjadi kuning pucat. Larutan kemudian didinginkan dalam suhu ruang.

### 2.6 *Coating* Media Antibakteri

Metode *coating* yang digunakan merujuk pada metode yang digunakan pada penelitian potensi nanopartikel perak Jain & Pradeep (2005). *Coating* yang dilakukan yaitu dengan cara

merendam *spons polyurethane* yang telah di sterilisasi dalam larutan AgGO selama 24 jam. Kemudian spons dikeringkan pada suhu 100°C untuk mengurangi kadar air.

## 2.7 Analisis Unjuk Kerja: Antibakteri, Morfologi dan *Leaching*

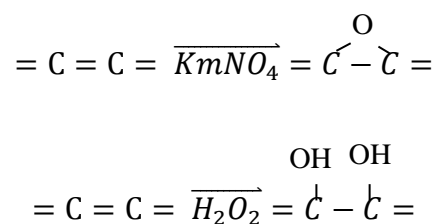
Analisa antibakteri dilakukan dengan tahapan melihat unjuk kerjanya sebagai removal bakteri terhadap debit air limbah yang dikontakkan. Air limbah yang digunakan merupakan air limbah domestik dari IPAL Komunal Mendiro, Kabupaten Sleman. Pada tahap ini akan diketahui hubungan persen removal dan *flowrate* terhadap waktu. Pada penelitian ini *flowrate* influent adalah 4ml/ menit, 8 ml/menit, dan 16 ml/menit dengan waktu 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit untuk masing-masing *flowrate*. Parameter yang diukur adalah persen removal total coliform dalam air limbah menggunakan metode MPN.

Analisa morfologi dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Sedangkan untuk mengetahui ketahanan *leaching* Ag-GO melapisi Spons *Polyurethane* dilakukan pengujian dengan merendam Spons *Polyurethane* yang sudah terlapisi nanopartikel perak pada larutan selama waktu 1 jam, 3 jam, 5 jam, 12 jam dan 48 jam. Air hasil rendaman dianalisis dengan AAS untuk mengetahui konsentrasi Ag yang lepas.

## III. Hasil dan Pembahasan

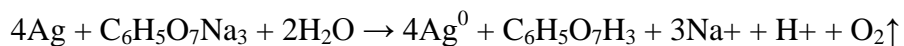
### 3.1 Preparasi Media spons polyurethane berlapis AgGO

Dalam mensintesis *graphene oxide* pada penelitian ini menggunakan metode Hummers yaitu metode paling umum digunakan dalam mensintesis *graphene oxide* dan sederhana. Dalam penelitian Hummers & Offeman (1958) dalam mensintesis *graphene oxide* yaitu dengan memperlakukan grafit dengan campuran bebas air dari asam sulfat pekat, natrium nitrat dan kalium permanganat. Seluruh proses membutuhkan kurang dari dua jam untuk dan dapat dilakukan dengan aman dengan mengamati suhu dibawah 45°C. Dalam menjaga suhu agar dibawah 45°C maka dalam pembuatan larutan GO dilakukan dalam kondisi *ice bath*. Kondisi *ice bath* dilakukan karena reaksi pembentukan senyawa karboksil yang mungkin terjadi dapat menimbulkan reaksi ledakan. Dalam mendispersikan GO dalam air dapat digunakan beberapa cara. *Sonication* dapat mengurangi ukuran lembaran GO dari beberapa mikron hingga beberapa ratus nanometer, dan juga memperluas distribusi ukuran, dibandingkan dengan pengadukan mekanis dalam banyak aplikasi (Gao, 2015). Dalam penelitian ini dalam mendispersikan GO di dalam air digunakan pengadukan mekanis menggunakan *magnetic stirrer*. Pada pembentukan GO ditambahkan KMnO<sub>4</sub> sebagai oksidator dalam memecah ikatan rangkap pada atom karbon di dalam grafit. Pada tahap ini suspensi akan berwarna hijau gelap yang menandakan terjadinya reaksi oksidasi. Reaksi kimia dari pembentukan GO dengan menggunakan KMnO<sub>4</sub> adalah pertama, epoksida terbentuk pada ikatan C = C di grafit oleh oksidasi dalam KMnO<sub>4</sub>. Kedua, hidroksil dibentuk oleh oksidasi dalam H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Aziz et al., 2017) Berikut adalah reaksi dari pembentukan GO.



Langkah terakhir adalah memisahkan suspensi dengan alat sentrifugasi, agar diperoleh larutan graphene oxide dan memisahkan dengan endapan. Hasil dari sintesis graphen oxide berupa larutan berwarna kuning kecoklatan.

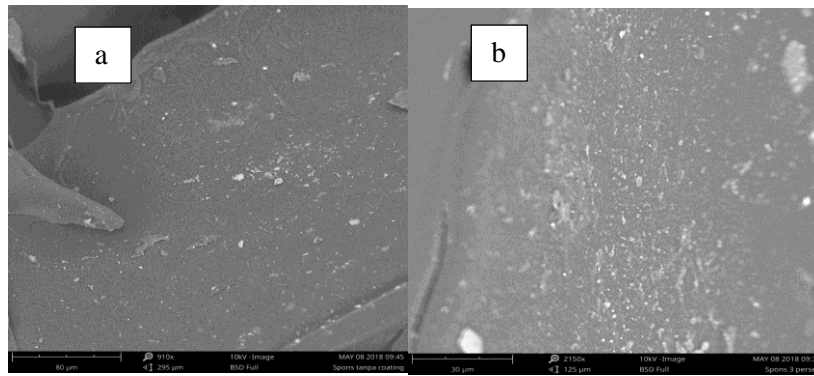
Dalam membuat larutan AgGO sintesis AgNP dilakukan dalam larutan graphene oxide. Sintesis AgNP dilakukan dengan metode reduksi kimia, yaitu dengan mereduksi AgNO<sub>3</sub> dengan trisodium sitrat (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>Na<sub>3</sub>) sebagai reduktor sekaligus sebagai stabilisator. Partikel berukuran nanometer memiliki surface area spesifik yang sangat besar. Pada surface area yang besar ikatan kimia antar partikel membentuk dipol listrik yang kuat sehingga dapat beraglomerasi. Oleh karena itu, stabilisator dalam sintesis nanopartikel perak memiliki peran yang sangat penting. Menurut Ariyanta (2014) konsentrasi trisodium sitrat (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>Na<sub>3</sub>) dalam mereduksi AgNO<sub>3</sub> dapat mempengaruhi kestabilan nanopartikel yang menyebabkan aglomerasi. Sintesis nanopartikel perak dengan konsentrasi reduktor 0,5% dan 1,0% menghasilkan nanopartikel dengan distribusi ukuran partikel yang cukup stabil sehingga digunakan pada penelitian ini. Pada proses sintesis menunjukkan adanya perubahan warna yang menunjukkan proses pembentukan nanopartikel perak dalam graphene oxide. Dengan melakukan reduksi AgNP dalam larutan graphene oxide diharapkan Nanopartikel perak akan menempel pada lembaran-lembaran Graphene Oxide. Metode reduksi AgNO<sub>3</sub> dengan reduktor C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>Na<sub>3</sub> banyak digunakan karena sederhana namun perawatan yang sangat baik harus dilakukan untuk membuat koloid stabil. Menurut (Haider et al., 2018)) dapat dinyatakan sebagai berikut.



Metode coating yang digunakan merujuk pada metode yang digunakan pada penelitian potensi nanopartikel perak Jain & Pradeep (2005). Coating yang dilakukan yaitu dengan cara merendam spons polyurethane yang telah di sterilisasi dalam larutan AgGO selama 24 jam. Media spons polyurethane yang telah terlapis AgGO memiliki warna kecoklatan dibandingkan sebelum proses pelapisan. Proses pelapisan ini menurut Cloutier et al (2015) yaitu merupakan coating strategi Contact-Killing , pada proeses ini agen antibakteri dilekatkan pada permukaan material yang fleksibel.

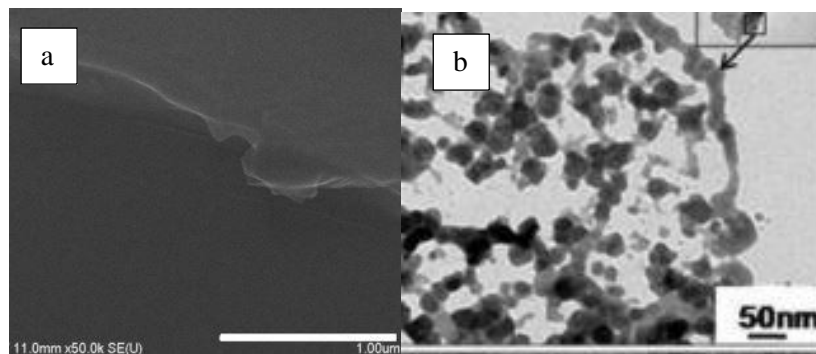
### **3.2 Karakterisasi morfologi spons *polyurethane* berlapis Ag-GO**

Pada penelitian ini karakterisasi media poliuretan berlapis AgGO belum bisa dilakukan karena keterbatasan alat. Sebelumnya media spons berlapis AgNP telah dilakukan dengan metode reduksi menggunakan pelarut akuades dan telah dilakukan uji SEM. Dari hasil uji tersebut dapat diketahui keberadaan nanopartikel perak dengan ciri berupa bentuk bulat dan tersebar di beberapa tempat di media spons poliuretan dengan perbesaran 2150 x seperti pada gambar



Gambar 2 SEM Spons *polyurethane* (a) tanpa *coating* (b) dengan *coating*

Untuk karakterisasi media spons polyurethane media terlapisi AgGO dapat dilakukan pendekatan berdasarkan kesesuaian dari penelitain sebelumnya dengan cara preparasi media yang dilakukan pada penelitain ini. Berdasarkan studi literatur metode yang digunakan dalam melakukan sintesis GO sesuai dengan penelitian Jing et al (2015) dan Tu et al (2013) dari penelitain tersebut dijelaskan bahwa pada saat sintesis dilakukan hasil akhir larutan GO yaitu berwarna kuning kecoklatan dan sesuai dengan hasil penelitan ini. Berdasarkan hasil uji SEM yang dilakukan pada penelitian terdahulu GO berbentuk lembaran tipis seperti gambar 3. Pada proses sintesis Ag dalam larutan GO yang telah dilakukan menunjukkan adanya perubahan warna yang menunjukkan proses pembentukan nanopartikel perak dalam graphene oxide dan sesuai dengan penelitian terdahulu. AgNP dengan ukuran monodispersi akan terdispersi dengan baik pada permukaan Graphene oxide (Shao et al., 2015). Berdasarkan hasil uji TEM yang dilakukan pada penelitian terdahulu diketahui bahwa nanopartikel perak akan menempel pada lembaran graphene oxide seperti pada Gambar 4.7.

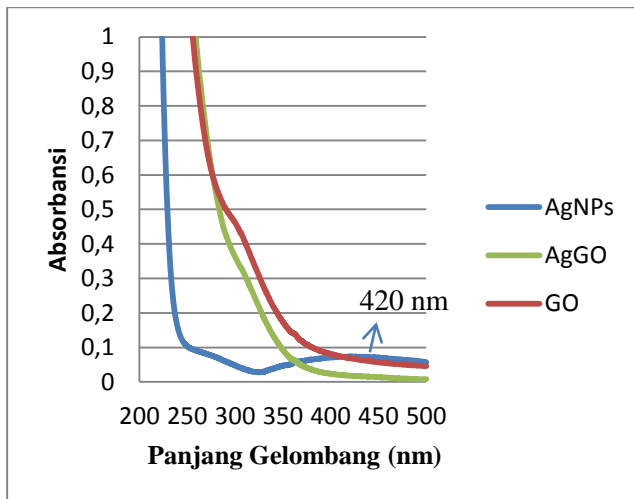


Gambar 3 (a) Hasil SEM GO (Tu et al 2013) (b) Hasil TEM AgGO (Shao et al., 2015)

### 3.3 Puncak Serapan Koloid Ag-GO

Berdasarkan penelitian Nur Suhaili Abdul Aziz et al (2017) puncak panjang gelombang untuk graphene oxide adalah 228-271 nm sedangkan untuk nanopartikel perak ( $Ag^0$ ) puncak panjang gelombang adalah 398- 424 nm. Dan untuk silver ion ( $Ag^+$ ) adalah 370 nm - 400 nm (Apriandanu et al., 2014). Berdasarkan Gambar 4.8 untuk larutan nanopartikel perak menunjukkan adanya puncak panjang gelombang pada 420 nm. Hasil ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak dapat dibuat dengan metode yang digunakan pada penelitian ini. Larutan GO dan AgGO pada Gambar 4 menunjukkan adanya kenaikan puncak panjang gelombang pada panjang gelombang 230 nm yang mengindikasikan adanya GO pada larutan. Pada larutan AgGO puncak panjang gelombang untuk

Ag<sup>0</sup> maupun Ag<sup>+</sup> tidak dapat menunjukkan puncak panjang gelombang pada rentang 370 nm – 400 nm hasil ini menunjukkan bahwa tidak ada Ag pada larutan yang dibuat pada penelitian ini. Hal ini bertentangan dengan hasil uji AAS yang dilakukan pada uji *leaching* Ag. Berdasarkan Hasil uji AAS Ag pada laurtan hasil rendaman media terlapsi AgGO menunjukkan adanya konsentrasi Ag pada larutan.



Gambar 4 Puncak serapan panjang gelombang AgNP, AgGO dan GO

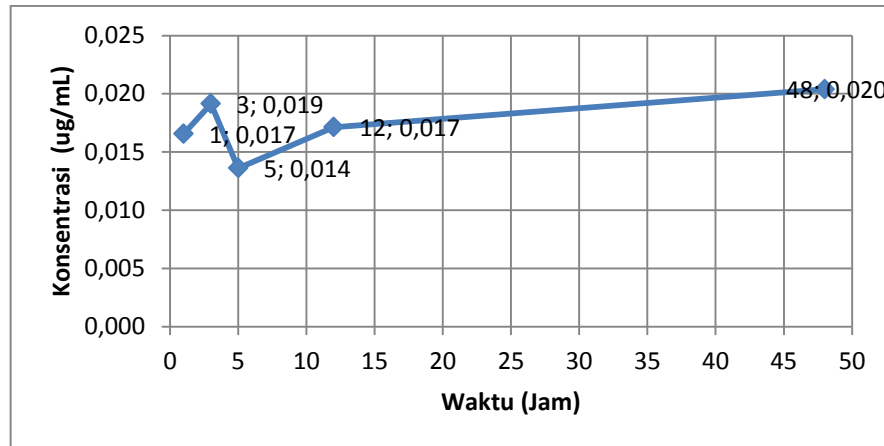
Tabel 1 Pelepasan (*leaching*) Ag dari media Spons polyurethane AgGO

Waktu (jam)	Konsentrasi ug/ml
1	0,041
3	0,048
5	0,034
12	0,043
48	0,051

Hasil uji SEM dari penelitian Tu et al (2013) Menunjukkan GO berbentuk lembaran tipis. Pada penelitian ini sintesis AgNP dilakukan dengan mensintesis AgNP dalam laurtan GO yang berbentuk lembaran sehingga nanopartikel perak akan menempel pada lembaran GO. Dengan konsentrasi AgNP yang lebih kecil dibandingkan larutan GO. Hal ini memungkinkan terjadinya penutupan AgNP yang menempel pada lembaran GO tertutup oleh lembaran GO lainnya. Sehingga pembacaan spektrofotometer UV-Vis yang didasarkan pada fenomena penyerapan sinar oleh spesi kimia tertentu di daerah ultra violet dan sinar tampak tidak dapat menyerap panjang gelombang Ag<sup>0</sup> maupun Ag<sup>+</sup> dan yang hanya terbaca adalah larutan GO yang berbentuk lembaran-lembaran.

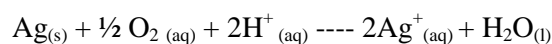
### 3.4 Hasil Uji *Leaching*

Berdasarkan *Gambar 5* diketahui adanya konsentrasi Ag setelah direndam selama 1, 3, 6, 12, dan 48 jam dengan konsentrasi tertinggi 0,020 ug/mL. *Leaching* Ag disebabkan oleh perendaman dengan akuades, menunjukkan bahwa kontak media dengan air memungkinkan Ag mudah terlepas dari media karena degradasi dan faktor oksidasi.



Gambar 5 Pelepasan (*leaching*) Ag terhadap lama perendaman

Menurut Zheng et al (2018) Pelepasan Ag<sup>+</sup> dari Ag NP adalah proses oksidasi kooperatif, yang membutuhkan baik oksigen terlarut maupun proton untuk hadir dalam larutan. Kondisi oksigen dan asam dapat meningkatkan pelepasan Ag<sup>+</sup> dari permukaan Ag NP sesuai dengan reaksi berikut.



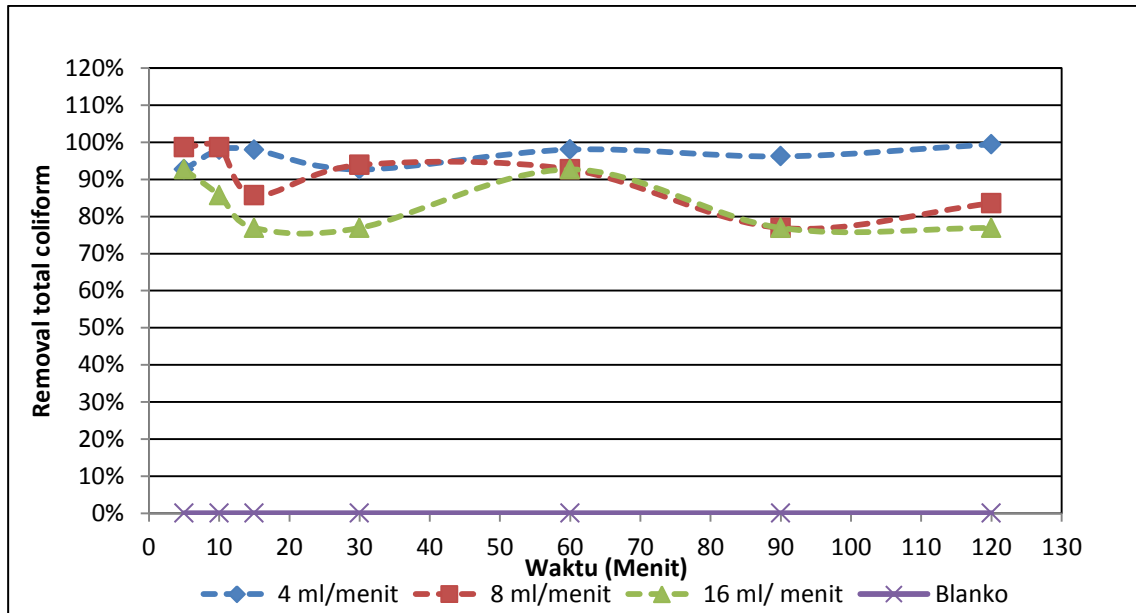
Selain itu kestabilan nanopartikel dalam media dapat menyebabkan terjadinya aglomerasi sehingga partikel tumbuh membesar dan mudah terlepas. Terlihat pada lama waktu perendaman menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi *leaching* Ag seperti terlihat pada waktu 48 jam dengan konsentrasi *leaching* tertinggi 0,020 ug/mL.

Walaupun dengan nilai konsentrasi Ag yang kecil, ini dapat menunjukkan bahwa media spons polyurethane berlapis AgGO masih berpotensi mengalami pelepasan Ag. Pelepasan Ag dari media poliuretan berlapis AgGO tertinggi adalah 0,020 ug/mL atau 0,020 mg/L. Berdasarkan analisa risiko perak WHO (1996) menyebutkan, tingkat perak yang lebih tinggi, hingga 0,1 mg / liter dapat ditoleransi tanpa risiko terhadap kesehatan. Sehingga hasil uji *leaching* terhadap media spons polyurethane berlapis AgGO masih dalam batas aman untuk waktu perendaman selama 2 hari. Hal ini juga di dukung dengan penggunaan GO sebagai suport dan menstabilkan nanopartikel perak dalam media yang mencegah proses aglomerasi (De Faria et al., 2014).

### 3.5 Uji Total Coliform

Uji antibakteri dilakukan untuk mengetahui performa pengurangan bakteri total coliform oleh media. Kelompok coliform, yaitu mencakup spesies *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, dan *Klebsiella* (Gerba, 2009). Berdasarkan penelitian terdahulu nanopartikel perak sangat efektif dalam membunuh E. Coli yang merupakan bagian dari kelompok coliform. Metode yang digunakan dalam melakukan uji antibakteri ini adalah dengan metode most probable number (MPN). Pengujian dilakukan dengan mengalirkan air limbah IPAL komunal Mendiro melewati media spons polyurethane berlapis Ag-GO. Hasil dari efluent limbah yang telah melewati media, dibandingkan dengan influen air limbah.





Gambar 6 Removal total coliform terhadap kecepatan aliran dan waktu

Berdasarkan hasil uji menggunakan media spons polyurethane pada reaktor skala pilot diketahui removal bakteri total coliform seperti terlihat pada Gambar 6 pada uji total coliform ini digunakan media blanko (spons polyurethane tanpa coating) sebagai pembandingan. Hasil uji untuk media spons polyurethane blanko dengan flowrate 4mL/menit menunjukkan tidak ada aktivitas removal terhadap bakteri.

Hasil uji total coliform untuk masing-masing flowrate 4mL/menit, 8mL/menit, dan 16 mL/menit menunjukkan adanya perbedaan efisiensi removal. Untuk removal tertinggi terdapat pada flowrate 4mL/menit dan efisiensi removal terendah adalah pada flowrate 16 mL/menit. Berdasarkan Gambar 4. 10 terlihat penurunan efisiensi removal total coliform saat flowrate semakin cepat. Penurunan efisiensi removal ini disebabkan oleh adanya leaching (pelepasan) perak dari media. Sesuai dengan hasil uji leaching yang telah dilakukan sebelumnya. Selain itu adanya aliran melewati media secara downflow dapat mempercepat leaching karena degradasi nanopartikel, dari grafik dapat diketahui penurunan efisiensi terendah pada laju alir 16 mL/ menit, yang merupakan flowrate tinggi pada penelitian ini. Proses perusakan bakteri oleh Ag<sup>+</sup> yang berasal dari nanopartikel perak yang masuk kedalam bakteri juga menurunkan kandungan AgNP dalam media yang mengakibatkan efisiensi media berlapis AgGO bisa berkurang.

Pada proses uji antibakteri yang dilakukan, efisiensi media dalam meremoval total coliform juga mengalami penurunan terhadap lama waktu kontak media dengan air limbah. Pada flowrate rendah (4 mL/menit) penurunan tidak terlihat signifikan dan cenderung stabil memiliki efisiensi diatas 90 % selama 120 menit. Pada flowrate sedang (8mL/menit) penurunan signifikan terlihat pada waktu 90 menit dan 120 menit. Pada flowrate tinggi (16 mL/menit) penurunan signifikan terjadi pada menit ke 15 dan cenderung stabil efisiensi removal sebesar 76 % hingga menit ke 120. Berdasarkan data ini menunjukkan waktu kontak media dengan limbah yang dialirkan juga berpengaruh dalam meremoval bakteri. Hal ini juga didukung dengan penelitian (Xia et al., 2017)

bahwa 0,5 g Nanosilver diatomite dapat membunuh lebih dari 99,99% E.Coli memerlukan waktu setengah jam.

waktu efektif removal total coliform pada penelitian ini terjadi pada 30 menit awal karena adanya pengaruh leaching dan penurunan jumlah Ag+ yang merusak bakteri. Untuk flowrate 4 mL/menit merupakan laju alir yang memiliki efisiensi removal yang baik dibandingkan dengan flowrate 8 mL/menit dan 16 mL/menit karena proses desinfeksi media spons polyuretane berlapis AgGO memerlukan waktu kontak dalam membunuh bakteri.

Tabel 2 LRV media spos polyurethane berlapis AgGO

<b>Log Removal Values</b>			
<b>Time (minute)</b>	<b>4 ml/ menit</b>	<b>8 ml/ menit</b>	<b>16 ml/menit</b>
<b>5</b>	1,1	1,9	1,1
<b>10</b>	1,7	1,9	0,8
<b>15</b>	1,7	0,8	0,6
<b>30</b>	0,6	0,6	0,6
<b>60</b>	1,7	1,1	1,1
<b>90</b>	1,4	0,6	0,6
<b>120</b>	2,3	0,8	0,6

Data LRV dengan nilai 1, 2, dan 3 secara berurutan akan setara dengan persen removal sebesar 90%, 99%, dan 99,9% dari patogen target. Berdasarkan hasil uji antibakteri ini dapat diketahui efisiensi removal total coliform dapat mencapai > 99%

Tabel 3 Perbandingan LRV dan Efisiensi pelapisan AgNP terhadap media

<b>Media</b>	<b>Nanopartikel</b>	<b>Paramerter</b>	<b>Efisiensi Removal (LRV)</b>	<b>Efisiensi Removal (%)</b>	<b>Referensi</b>
<i>Ceramic</i>	<i>AgNP</i>	<i>Total Coliform</i>	1,9	<99%	(Mikelonis, Lawler, & Passalacqua, 2016)
<i>Rice Husk Ash</i>	<i>AgNP</i>	<i>E. Coli</i>	1,7	>90%	(He, Ikeda-ohno, Boland, & Waite, 2013)
<i>Polyurethane foams</i>	<i>AgNP</i>	<i>E. Coli</i>	2	99%	(Jain & Pradeep, 2005)
<i>Polyurethane foams</i>	<i>AgGO</i>	<i>Total Coliform</i>	2,3	>99%	Penelitian ini

Berdasarkan Tabel 3 hasil ini menunjukkan bahwa media spons polyurethane berlapis Ag-GO memiliki efisiensi removal terhadap bakteri lebih baik. Hal ini didukung dengan penggunaan GO sebagai suport untuk mempertahankan AgNP dan memiliki kemampuan removal bakteri sesuai dengan penelitian Shao et al (2015). Selain itu penggunaan poliuretan sebagai media dengan memiliki luas permukaan yang tinggi mendukung kontak bakteri dengan media lebih besar.

Kemampuan removal media spons polyurethane berlapis Ag-GO memiliki efisiensi removal yang tinggi. Namun, hasil efluen limbah IPAL yang digunakan pada penelitian ini masih tinggi dan belum memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah seperti pada Tabel 4. Hal ini disebabkan tingginya kandungan total coliform dalam limbah IPAL komunal yang di uji langsung dari efluen IPAL komunal menggunakan reaktor skala pilot, dengan media berukuran diameter 2 cm dan tinggi 15 cm. Sehingga masih perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai jumlah media yang digunakan dalam menurunkan total coliform agar sesuai baku mutu.

Tabel 4 Efluen total coliform dibandingkan dengan baku mutu

Waktu	Efluent total coliform per 100 mL			Baku mutu
	4 mL/menit	5 mL/menit	6 mL/menit	
5	139000	26000	139000	3000 / 100 mL
10	38000	25000	271000	
15	38000	271000	438000	
30	139000	116000	438000	
60	37000	139000	139000	
90	72000	438000	438000	
120	10000	72000	438000	

Berdasarkan hasil penelitian unjuk kerja media spons poliuretan berlapis AgGO dapat diketahui bahwa faktor penting dalam penggunaan media spons poliuretan berlapis AgGO sebagai desinfektan adalah waktu kontak media dengan air limbah, untuk itu jika diterapkan dalam IPAL komunal diperlukan bak kontak. Selain itu pengaruh kontak media AgGO dengan air dapat menyebabkan terlepasnya Ag dari media. Pelepasan Ag dari media ini dapat menyebabkan akumulasi pada efluen dan menyebabkan pencemaran lingkungan. Sehingga perlu adanya treatment setelah proses desinfeksi dengan media AgGO untuk memastikan Ag yang terlepas tidak tersebar ke lingkungan. Perak ionik dapat dihilangkan dari air dengan pertukaran ion. Beberapa senyawa perak dapat mengendap dengan koagulasi. Metode lain yang efisien termasuk dengan karbon aktif dan penyaringan pasir.

#### IV. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Media desinfeksi berupa spons poliuretan berlapis nanopartikel perak (AgNP) dan *Graphine Oxide* (GO) telah berhasil dilakukan dengan menggunakan metode Hummers dalam melakukan sintesis GO dan metode reduksi dengan menggunakan reduktor sodium sitrat dalam mensintesis AgNP.
2. Hasil karakterisasi media dan larutan yang digunakan menunjukkan pembentukan AgGO pada media. Media spons poliuretan berlapis AgGO dapat mengalami pelepasan (leaching) dalam air dengan konsentrasi tertinggi 0,020 ug/mL dalam waktu 48 jam. Hasil uji antibakteri media sebagai desinfektan pada limbah domestik menunjukkan efisiensi removal yang baik yaitu > 99% dengan nilai LRV 2,3.

#### V. Saran

Beberapa saran untuk mendukung pengembangan penelitian kedepan sebagai berikut:

1. Perlunya ketelitian dalam proses sintesis AgNP maupun GO dan dalam menguji berbagai parameter. Selain itu dapat juga penambahan parameter apabila memungkinkan.
2. Perluasan topik antara media berlapis AgGO dengan media lain yang memungkinkan peningkatan efisiensi penurunan parameter air limbah.
3. Mengaplikasikan pada air limbah lain yang memiliki kandungan coliform yang tinggi dengan kondisi yang sama.

#### Daftar Pustaka

- Apriandanu, Wahyuni, S., Hadisaputro, S., & Harjono. (2014). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Metode Poliol dengan Agen Stabilisator Polivinilalkohol (PVA). *Jurnal MIPA*, 37(1), 92–104.
- Ariyanta, H. A. (2014). I Silver Nanoparticles Preparation by Reduction Method and its Application as Antibacterial for Cause of Wound Infection. *Jurnal MKMI*, 1, 36–42.
- Aziz, N. S. A., Azmi, M. K. N., & Manaf, H. A. (2017). One-Pot Green Synthesis of Highly Reduced Graphene Oxide Decorated with Silver Nanoparticles. *Sains Malaysiana*, 46(7), 1083–1088.
- Cloutier, M., Mantovani, D., & Rosei, F. (2015). Antibacterial Coatings : Challenges , Perspectives , and Opportunities. *Trends in Biotechnology*, xx, 1–16.
- De Faria, A. F., Martinez, D. S. T., Meira, S. M. M., de Moraes, A. C. M., Brandelli, A., Filho, A. G. S., & Alves, O. L. (2014). Anti-adhesion and Antibacterial Activity of Silver Nanoparticles Supported on Graphene Oxide Sheets. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 113, 115–124.
- Gao, W. (2015). *The Chemistry of Graphene Oxide*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Gerba, C. P. (2009). *Indicator Microorganisms. Environmental Microbiology* (Second Edi). Elsevier Inc.
- Haider, A. J., Haider, M. J., & Mehde, M. S. (2018). A review on Preparation of Silver Nano-

- particles. *Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability*, 30086, 1–13.
- He, D., Ikeda-ohno, A., Boland, D. D., & Waite, T. D. (2013). Synthesis and Characterization of Antibacterial Silver Nanoparticle- Impregnated Rice Husks and Rice Husk Ash. *Environmental Science & Technology*, 47, 5276–5284.
- Hummers, W. S., & Offeman, R. E. (1958). Preparation of Graphitic Oxide. *Journal of the American Chemical Society*, 80(6), 1339.
- Jain, P., & Pradeep, T. (2005). Potential of Silver Nanoparticle-Coated Polyurethane Foam as an Antibacterial Water Filter. *Biotechnology and Bioengineering*, 90(1), 59–63.
- Jing, L., Tan, H. L., Amal, R., Ng, Y. H., & Sun, K. N. (2015). Polyurethane Sponge Facilitating Highly Dispersed TiO Nanoparticles on Reduced Graphene Oxide Sheets for Enhanced Photoelectro-Oxidation of Ethanol. *Journal of Materials Chemistry A*, 3(30), 15675–15682.
- Kamat, P. V., Flumiani, M., & Hartland, G. V. (1998). Picosecond Dynamics of Silver Nanoclusters Photoejection of Electrons and Fragmentation. *The Journal of Physical Chemistry B*, 102(17), 3123–3128.
- Mikelonis, A. M., Lawler, D. F., & Passalacqua, P. (2016). Science of the Total Environment Multilevel Modeling of Retention and Disinfection Efficacy of Silver Nanoparticles on Ceramic Water Filters. *Science of the Total Environment*, 566–567, 368–377.
- Shao, W., Liu, X., Min, H., Dong, G., Feng, Q., & Zuo, S. (2015). Preparation, Characterization, and Antibacterial Activity of Silver Nanoparticle-Decorated Graphene Oxide Nanocomposite. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 7(12), 6966–6973.
- Tu, F., Liu, S., Jin, G., Yan, G., & Pan, C. (2013). Fabrication of Graphene from Graphene Oxide by Ultrasonication with High Li Storage Capability. *Powder Technology*, 249, 146–150.
- WHO. (1996). Silver in Drinking-water. *Guidelines for Drinking-Water Quality*, 2, 1–9.
- Xia, Y., Jiang, X., Zhang, J., Lin, M., Tang, X., Zhang, J., & Liu, H. (2017). Synthesis and Characterization of Antimicrobial Nanosilver/Diatomite Nanocomposites and its Water Treatment Application. *Applied Surface Science*, 396, 1760–1764.
- Zheng, K., Setyawati, M. I., Leong, D. T., & Xie, J. (2018). Antimicrobial Silver Nanomaterials. *Coordination Chemistry Reviews*, 357, 1–17.