

## KAJI EKSPERIMENTAL PENGOLAHAN AIR LIMBAH “GREY WATER” DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MICROBUBBLE GENERATOR SEBAGAI AERATOR

Drajat Indah Mawarni<sup>1a</sup>, Puput Eka Suryani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu

<sup>2</sup> Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu

Korespondensi:

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu  
drajatindah74@gmail.com

### ABSTRAK

Microbubble generator merupakan teknologi penghasil gelembung berukuran mikro yang berguna untuk meningkatkan kualitas perairan. Teknologi tersebut dapat diterapkan pada pengolahan air bersih dan pengolahan air limbah, karena mampu meningkatkan oksigen terlarut (DO) dalam air. Microbubble generator tipe orifice dengan menggunakan cyclone mempunyai bentuk yang sederhana, dan proses manufaktur yang mudah sehingga memiliki nilai ekonomi yang baik. Pada penelitian ini teknologi tersebut diimplementasikan pada pengolahan air limbah khususnya grey water, yang dihasilkan oleh masyarakat urban karena berkontribusi dalam pencemaran lingkungan. Dalam kehidupan masyarakat urban, permasalahan terkait tempat penyediaan untuk pengolahan limbah menjadi kendala. Untuk itu, sistem pengolahan limbah grey water perlu dilakukan untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Penelitian ini menggunakan limbah grey water artificial yang dibuat dari campuran tapioka, gula, urea dan senyawa kimia  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  dengan pengolahan secara biologis menggunakan bakteri aerob yang membutuhkan aerasi melalui MBG sebagai aerator. Analisis dilakukan terhadap nilai DO yang dihasilkan dan energi yang diperlukan oleh MBG selama proses aerasi.

**Kata kunci:** *microbubble, reaktor, intermittent, portable, grey water, aerob.*

### ABSTRACT

*Microbubble generator is a technology that produces micro-sized bubbles that are useful for improving water quality. This technology can be applied to clean water treatment and wastewater treatment, because it can increase dissolved oxygen (DO) in water. The orifice type microbubble generator using a cyclone has a simple shape, and an easy manufacturing process so it has good economic value. In this study, this technology is implemented in wastewater treatment, especially gray water, which is produced by urban communities because it contributes to environmental pollution. In the life of urban communities, problems related to the provision of places for waste treatment are obstacles. For this reason, a gray water waste treatment system needs to be carried out to reduce environmental pollution. This study used artificial gray water waste made from a mixture of tapioca, sugar, urea and the chemical compound  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  by biological processing using aerobic bacteria which require aeration via MBG as an aerator. Analysis was carried out on the value of DO produce and the energy required by MBG during the aeration process.*

**Keywords:** *microbubble, reaktor, intermittent, portable, grey water, aerob.*

## 1. PENDAHULUAN

Air limbah dari berbagai kegiatan kehidupan manusia dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu black water dan grey water(1)(2). Black water adalah limbah yang berasal dari kloset masyarakat. Nilai chemical oxygen demand (COD) dari black water ini lebih dari 10.000 mg/L. Untuk limbah black water, telah ada penanganan atau pengolahan limbah yang umum digunakan. Pengolahan septic tank yang diketahui bersama, adalah pengolahan black water agar nantinya ketika disalurkan ke lingkungan, bahaya yang ditimbulkan telah diminimalisir. Namun demikian, pengolahan limbah lainnya, yaitu grey water, belumlah optimal(3)(4). Grey water adalah limbah air yang didapatkan dari kegiatan manusia selain dari kloset, yaitu misalnya dari dapur, air cucian pakaian, air cucian kendaraan, dan air mandi. Nilai COD grey water berada di range 200-1.600 mg/L.(5)(3) Umumnya, meski tercemar sabun, atau zat-zat lain yang mungkin merugikan bagi makhluk hidup, grey water ini dibuang langsung ke badan air tanpa melalui proses pengolahan. Air yang diterima badan air, mengandung bahan-bahan berbahaya yang akan diteruskan ke lingkungan perairan tempat ekosistem kehidupan berada. Beban pencemar yang diberikan nantinya akan mengganggu aspek kehidupan makhluk hidup di dalamnya, termasuk manusia. Dampak yang diperoleh dari tingginya beban pencemar perairan pada manusia meliputi masalah estetika, dan kesehatan.(6)

Berdasarkan pemaparan tersebut, usaha dalam peningkatan pelayanan sanitasi salah satunya adalah dengan mengembangkan pengolahan grey water yang belum ada. Dalam penentuan pengembangan yang dilakukan, terdapat beberapa faktor yang menjadi pertimbangan. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan teknologi pada pengolahan grey water yaitu karakteristik grey water, karakteristik effluent yang diinginkan, performa teknologi yang tersedia, energi dan biaya yang dibutuhkan, lokasi secara geografis dan ketersediaan ruang (7).

Limbah grey water yang diketahui adalah limbah low strength, memiliki nilai COD < 1.000 mg/L. Ditinjau dari hal tersebut, pengolahan limbah yang efektif dilakukan adalah secara aerob (8). Proses secara aerob ini membutuhkan kadar oksigen yang cukup untuk berjalannya proses. Dari kebutuhan tersebut, biasa digunakan sistem aerasi untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air. Aerasi yang membutuhkan energi untuk berjalannya proses, menjadi tantangan tersendiri untuk menciptakan suatu sistem dengan efisiensi yang baik. Aerasi dengan alat microbubble generator (MBG) diharapkan dapat menjadi salah satu sarana dalam tujuan mencapai efisiensi sebaik mungkin(9)(10). Hal ini dikarenakan MBG bekerja menghasilkan bubble untuk aerasi dalam ukuran mikro. Ukuran bubble yang kecil ini akan membuat bubble memiliki waktu yang lama untuk sampai ke permukaan. Lamanya waktu yang dibutuhkan tersebut menyebabkan proses diffusi oksigen dari bubble ke air menjadi lebih efektif.(11)(8). Kemudian dari prinsip kerjanya, MBG memanfaatkan kecepatan air yang disirkulasikan untuk melibatkan udara dan menjadikan aliran yang dihasilkan adalah aliran dua fasa. Aliran campuran air dan udara yang menghasilkan bubble berukuran mikro ini akan melakukan mixing cairan yang diaerasi, sehingga oksigen terlarut yang dihasilkan, akan lebih homogen jika dibandingkan dengan aerator biasa.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada Gambar. 1. berikut ini disajikan apparatus penelitian yang digunakan peneliti dalam melakukan penelitian. Bahan yang digunakan adalah air yang bersumber dari tandon persediaan Instalasi PDAM STT Ronggolawe Cepu dengan limbah artificial yang dibuat dengan kandungan seperti pada tabel 1. berikut.

**Tabel 1. Kandungan Substrat Limbah Artifisial**

<i>Nama</i>	<i>Kadar</i>
<i>Tapioka</i>	<i>1,5 g/l</i>
<i>Gula</i>	<i>0,1 g/l</i>
<i>Urea</i>	<i>0,1 g/l</i>
<i>KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></i>	<i>0,15 g/l</i>

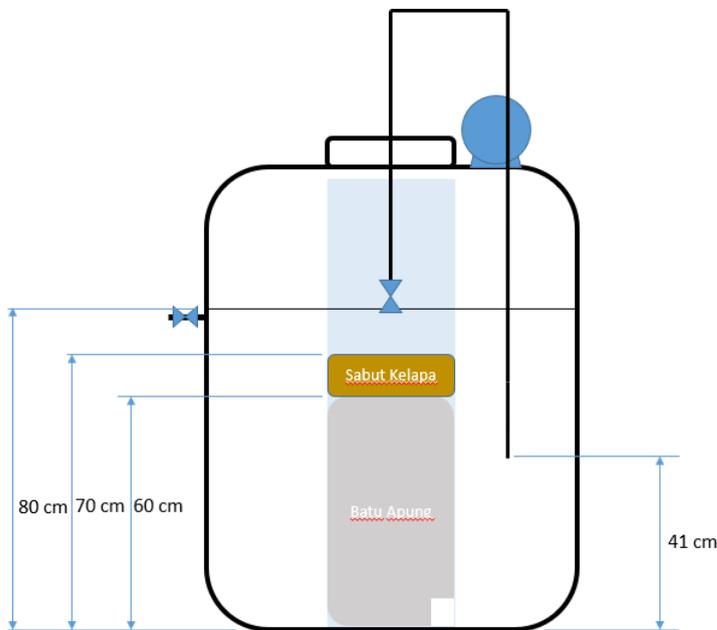
Perbandingan di atas meninjau perbandingan kandungan makanan ideal untuk bakteri aerob. Limbah artifisial grey water yang digunakan dibuat dengan memiliki nilai COD teoritis sebesar 600 mg/L. Sedangkan bakteri yang digunakan untuk mengolah limbah, diambil dari TPA di wilayah Kampus STT Ronggolawe Cepu. Cairan bakteri di

ambil dalam cairan yang memiliki sifat yang disamakan dengan air, karena keberadaan bakteri menempel pada support media. Fluida gas yang digunakan adalah udara dengan Massa jenis ( $\rho$ ) = 1,163 kg/m<sup>3</sup>; Viskositas absolut ( $\mu$ ) = 1,86 x 10<sup>-5</sup> kg/m.s serta Viskositas Kinematik ( $\nu$ ) = 15,7 x 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s. Dalam reaktor tersebut, akan dimasukkan bakteri yang telah dikembang-tumbuhkan dan ditempelkan pada batu apung sebagai media attached culture-nya. Untuk menghidupi bakteri tersebut, disuplai oksigen melalui alat MBG yang menyembur ke bawah. Oksigen yang masuk melalui MBG, masuk ke dalam tangki bersama air yang disirkulasikan oleh pompa di atas tangki, dalam bentuk gelembung. Untuk mengantisipasi masih adanya padatan berupa biomassa bakteri dapat ikut tersirkulasi dan melewati pompa, maka pada suction pipe pompa sirkulasi, diaplikasikan suatu filter dari pipa PVC yang pada skema terlihat pada bagian dalam sebelah kiri gambar tangki.

Di tengah tangki, terdapat suatu compartment dari plastik membentuk silinder, untuk diisi dengan batu apung sampai ketinggian 50 cm di atas dasar tangki, dan sabut kelapa setebal 15 cm di atas batu apung tersebut. Batu apung yang digunakan bertujuan sebagai media menempelnya bakteri, yang dalam tipe pengolahan attached culture haruslah ada. Sedangkan sabut kelapa, digunakan untuk mengurangi daya sembur dari MBG yang jika tidak dihambat, akan melepas bakteri yang telah menempel pada batu apung. Di dasar compartment tersebut, ada suatu lubang yang dimaksudkan agar air kaya oksigen dapat tersirkulasi hingga keluar compartment.

Pengolahan air limbah dimulai ketika air limbah dimasukkan dari lubang atas tangki. Bersama semburan gelembung hasil sirkulasi yang membawa oksigen, air limbah akan turun ke bawah hingga diolah oleh bakteri yang menempel pada batu apung. Setelah diolah, air dengan kadar COD yang telah dikurangi dan DO yang masih tinggi meski telah dikonsumsi bakteri, akan keluar compartment dan nantinya akan keluar sebagai air hasil olahan yang diharapkan menemui standar baku mutu lingkungan.

Pengambilan data DO dilakukan untuk mengetahui apakah aplikasi MBG lebih baik dari aerator konvensional ataukah sebaliknya. Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut: 1). Memasang komponen sistem berupa tangki 500 L tanpa dimasukkan konfigurasi batu apung apapun, 2). Mengisi tangki dengan air sumur hingga volume yang akan ditinjau, 3). Melakukan instalasi MBG sesuai skema yang ditentukan, 4). Memasang DO Logger dan menempatkan probe di tempat yang telah ditentukan. Setelah itu, lakukan logging, 5). Menyalakan pompa MBG dengan nilai  $Q_g$  3,3 L/min selama 1 jam dan kemudian dimatikan 1 jam berikutnya, 6). Menyimpan data logging aplikasi MBG, 7). Mengulangi langkah 3-6, namun dengan aplikasi aerator konvensional.

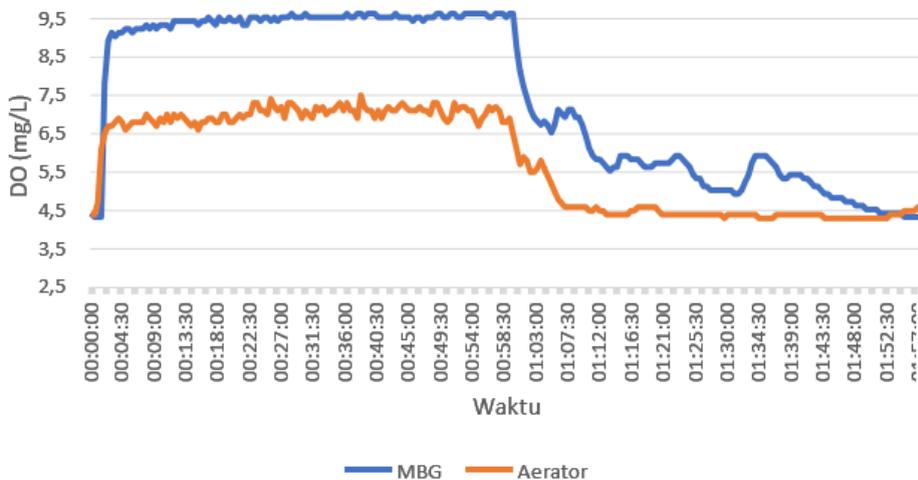


Gambar 1. Skema Tangki dengan Compartment Tengah

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini disajikan sesuai dengan alur penelitian yang dilakukan. Hasil yang dibahas adalah yang telah diolah dari pengamatan data uji dan data duplo. Data duplo diperlukan untuk mengkonfirmasi dan memvalidasi data uji yang didapat sehingga hasil penelitian dapat dikatakan sebagai hasil yang valid.

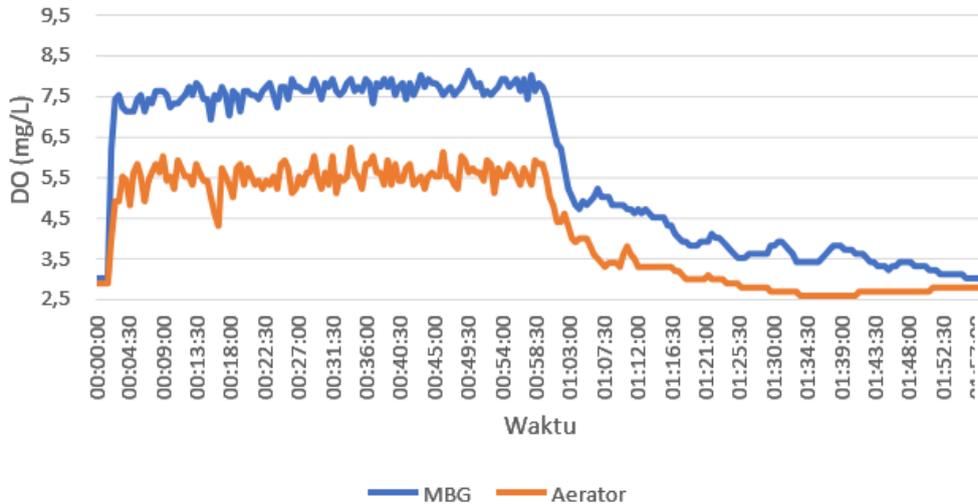
Perbandingan performa *microbubble generator* dan aerator dilakukan dengan mengunci parameter debit udara yang masuk dalam nilai yang sama. Penguncian parameter ini dilakukan agar hasil yang didapatkan adalah hasil yang fair. Penguncian parameter ini adalah dengan memasukkan jumlah oksigen yang sama melalui kedua perangkat aerasi yang dibandingkan. Berikut adalah grafik yang didapatkan dari perbandingan *microbubble generator* dan aerator pada nilai  $Q_g$  3,3 L/min di posisi tengah tangki. Data *duplo* yang didapatkan pada tangki 2 tidak jauh berbeda dan menunjukkan tren yang sama dengan hasil yang didapat pada tangki 1. Gambar 2 adalah grafik dari pengamatan pada tangki 1 di tengah.



Gambar 2. Grafik Nilai DO *Tap Water*  $Q_g$  3,3 L/min di Tengah Tangki

Dari data yang didapatkan, grafik menunjukkan bahwa kedua perangkat aerasi yang diuji dapat meningkatkan DO air pada tangki tertutup dengan cepat. Namun, perbedaan waktu dalam mencapai kondisi jenuh dan nilai DO jenuh terjadi pada perbandingan ini. Waktu yang dibutuhkan dari kondisi awal air ke kondisi jenuh pada nilai 9,5 mg/L untuk *microbubble generator* berkisar 12 menit. Sedangkan waktu yang dibutuhkan aerator untuk mencapai kondisi jenuh pada sekitar 7 mg/L adalah 25 menit. Waktu yang dibutuhkan untuk kembali ke nilai DO awal setelah kedua perangkat aerasi ini dimatikan juga menunjukkan perbedaan yang mencolok. Untuk *microbubble generator*, nilai DO baru mencapai kondisi awal sebelum aerasi setelah 55 menit. Sedangkan untuk aerator, nilai DO mencapai kondisi awal sebelum aerasi dalam waktu 12 menit.

Sementara pada bagian tepi, data hasil pengamatan ditunjukkan dengan gambar 3. Data *duplo* dari pengamatan ini sama halnya dengan bagian tengah tangki, yaitu tidak jauh berbeda dan memiliki tren yang sama.



Gambar 3. Grafik Nilai DO *Tap Water* Qg 3,3 L/min di Tepi Tangki

Dari data yang didapatkan, grafik menunjukkan tren dan keenderungan yang sama dengan data pada posisi tengah tangki untuk pengamatan ini. Kedua perangkat aerasi dapat meningkatkan nilai DO dengan cepat, namun terdapat perbedaan pada nilai jenuh DO yang dapat dicapai dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai tersebut. *Microbubble generator* yang menyembur ke tengah tangki dapat meningkatkan nilai DO pada tepi tangki hingga 8 mg/L dengan membutuhkan waktu 27 menit. Sedangkan aerator yang menyembur di tengah tangki dapat menaikkan nilai DO pada tepi tangki hingga berfluktuasi di sekitar 5,5 mg/L dengan membutuhkan waktu 5 menit. Dalam tinjauan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai DO awal setelah aerasi dimatikan, tren yang sama juga ditunjukkan seperti halnya pada tengah tangki. *Microbubble generator* dapat mempertahankan nilai DO hingga menit ke 55. Sedangkan Aerator dapat mempertahankan nilai DO setelah aerasi dimatikan selama 30 menit.

#### 4. KESIMPULAN

Rangkaian percobaan dan pengamatan pada reaktor aerob tertutup dalam sistem pengolahan limbah menghasilkan kesimpulan bahwa *microbubble generator* terbukti memiliki performa lebih baik dibandingkan dengan aerator konvensional, dengan pengoperasian intermitten lebih hemat daya hingga 50% .

#### DAFTAR PUSTAKA

- Budhijanto, W. , Deendarlianto, Kristiyani, H., Satriawan D. Enhancement of Aerobic Wastewater Treatment by the Application of Attached Growth Microorganisms and Microbubble Generator. *Int J Technol.* 2015;6.
- Hamdani H, Suryadi IBB, Zahidah Z, Andriani Y, Dewanti LP, Sugandhy R. Manajemen Kualitas Air Dalam Budidaya Akuaponik Sistem Pasang Surut. *J Berdaya.* 2022;2(1):1.
- Paramesti A, Damarjati BA, Widyaparaga A, Deendarlianto, Mindaryani A, Marbelia L, et al. Development of Low-Cost Aerobic Bioreactor for Decentralized Greywater Treatment. *Adv Waste Process Technol.* 2020;111–25.
- Putri HM, Saraswati SP, Mahathir JS. Penyisihan Material Organik dan Nitrogen dengan Proses Aerasi Menggunakan Microbubble Generator (MBG) pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Asrama. *J Ilmu Lingkungan.* 2022;20(1):127–38.
- Yulianti T. Identifikasi Efektivitas Reaerasi Menggunakan Microbubble Generator (Mbg) Pada Air Embung. *J Tek Sipil.* 2021;16(2):93–104.
- Permenkes. Permenkes No. 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum [Internet]. <https://www.kesehatanlingkungan.com/2019/01/permenkes-492-tahun-2010-persyaratan.html>.

2010. p. 1–9. Available from: file:///C:/Users/Asus/Downloads/Permenkes No. 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.pdf
7. Marbelia L, Wan Noor A, Paramesti A, Damarjati BA, Widyaparaga A, Deendarlianto, et al. A Comparative Study of Conventional Aerator and Microbubble Generator in Aerobic Reactors for Wastewater Treatment. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng.* 2020;778(1).
  8. Pambudiarto BA, Mindaryani A, Deendarlianto, Budhijanto W. Evaluation of the effect of operating parameters on the performance of orifice/porous pipe type micro-bubble generator. *J Eng Technol Sci.* 2020;52(2):196–207.
  9. Mawarni DI, Juwana WE, Yuana KA, Budhijanto W, Deendarlianto, Indarto. Hydrodynamic characteristics of the microbubble dissolution in liquid using the swirl flow type of microbubble generator. *J Water Process Eng [Internet].* 2022;48(2):102846. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102846>
  10. Deendarlianto, Wiratni, Tontowi AE, Indarto, Iriawan AGW. The implementation of a developed microbubble generator on the aerobic wastewater treatment. *Int J Technol.* 2015;6(6):924–30.
  11. Juwana WE, Widyatama A, Dinaryanto O, Budhijanto W, Indarto, Deendarlianto. Hydrodynamic characteristics of the microbubble dissolution in liquid using orifice type microbubble generator. *Chem Eng Res Des [Internet].* 2019;141:436–48. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2018.11.017>