

Efektivitas Penambahan *Sludge Zone* Pada *Sequencing Batch Reactor* untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Makan

Novirina Hendrasarie^{1*}, Raden Kokoh Haryo Putro², Firra Rosariawari³, Yayok Surya Purnama⁴, dan Ranno M. Ramlan⁵
Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”
Jawa Timur, Surabaya, Indonesia^{*1,2,3,4}
Teknik Lingkungan, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia⁵
*novirina@upnjatim.ac.id

OPEN ACCESS

Citation: Novirina Hendrasarie, Raden Kokoh Haryo Putro, Firra Rosariawari, Yayok Surya PurnamaP, dan Ranno M. Ramlan. 2022. Efektivitas Penambahan *Sludge Zone* Pada *Sequencing Batch Reactor* untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Makan. *Journal of Research and Technology* Vol. 8 No. 1 Juni 2022: Page 121–131.

Abstract

A Sequencing Batch Reactor is a wastewater treatment plant that degrades pollutants in wastewater using microbes.. The purpose of this research is to improve the performance of a Sequencing Batch Reactor (SBR) by incorporating a sludge zone. The addition of a sludge zone in the Sequencing Batch Reactor (SBR) allows the sludge formed as a byproduct of processing waste water to be accommodated rather than eroded back into the fluid. The method employed compares SBR with and without the addition of a sludge zone. Furthermore, the hydraulic retention time (12, 24, 36, and 48 hours) and air flowrate (7 and 14 ml/minute) were investigated. According to the study's findings, the SBR with the addition of the sludge zone removed 97% COD, 79% total N, 53% total P, 85.6% TSS, and 81% fatty oil. Meanwhile, SBR without a sludge zone yielded 96% COD, 72% total N, 45% total P, 82% TSS, and 74% oil and grease.

Keywords: *Microorganism Processes, Sedimentation Processes, Sludge Zone.*

Abstrak

Sequencing Batch Reactor merupakan pengolah limbah, yang menggunakan mikroba untuk mendegradasi zat pencemar pada air limbah. Penelitian ini bertujuan meningkatkan kinerja Sequencing Batch Reactor (SBR) dengan menambahkan sludge zone. Penambahan sludge zone pada Sequencing Batch Reactor (SBR) berfungsi menampung lumpur yang terbentuk dari hasil samping pengolahan limbah cair, tidak tergerus kembali menuju fluida. Adapun metoda yang digunakan adalah membandingkan SBR dengan penambahan sludge zone dan SBR tanpa sludge zone. Selain itu dianalisis hydraulic retention time (12, 24, 36 dan 48 jam) yang digunakan dan debit udara pada 7 dan 14 ml/menit. Penelitian awal, dilakukan proses seeding dan aklimatisasi yang bertujuan untuk mengoptimalkan mikroba pengurai di SBR. Dari hasil penelitian didapatkan pada SBR dengan

penambahan *sludge zone* menghasilkan prosen removal menurunkan COD 97%, N total 79%, P total 53%, TSS 85.6% dan minyak lemak 81%. Sedangkan SBR tanpa *sludge zone* didapatkan hasil yang lebih rendah, sebesar COD 96%, N total 72%, P total 45%, TSS 82% dan minyak lemak 74%.

Kata Kunci: Proses Mikroorganisme, Proses Sedimentasi, Sludge Zone.

1. Pendahuluan

Saat ini, masih banyak air limbah dari industri kecil khususnya industri pangan, yang tidak diolah dengan baik karena keterbatasan lahan dan biaya, terutama pada lingkungan perumahan. Kandungan yang ada pada air limbah domestik biasanya terdapat bahan-bahan organik yang berasal dari air bekas cucian, dapur, kamar mandi dan terdapat mikroorganisme yang berasal dari *black water* serta nutrisi berupa senyawa nitrogen (N) dan fosfor (P) (Chen, et al., 2018). Beberapa pengolahan limbah yang ada saat ini, membutuhkan lahan yang luas, untuk itu dalam penelitian ini dipilih *Sequencing Batch Reactor (SBR)*, yang dapat beroperasi pada lahan sempit.

Sequencing Batch Reactor (SBR) merupakan teknologi *Aerobic Reactor* modern yang terdiri dari rangkaian *batch-process* dalam proses reduksi kandungan organik dalam limbah cair (Fatiha & Novirina, 2020). Kelebihan sistem SBR dibandingkan dengan sistem konvensional *aerobic reactor* lainnya adalah dimana seluruh rangkaian proses terjadi dalam satu reaktor tunggal sehingga menghemat lahan (Hendrasarie, 2021). Sistem SBR juga efektif dalam penguraian limbah cair pada kadar *Chemical Oxygen Demand (COD)* yang tinggi (*high-rate process*) menjadi kelebihan utama sistem ini dibandingkan sistem lainnya. (Hyeongok & Kilso, 2020)

Beberapa penelitian yang sudah dilakukan bahkan dilakukan modifikasi untuk meningkatkan kinerja SBR, beberapa diantaranya adalah Li (2008) yang memanfaatkan Impeller untuk meningkatkan efisiensi SBR pada pengolahan limbah. Hendrasarie dan Yadaturrahmah (2021), memanfaatkan propeller untuk meningkatkan kemampuan SBR dalam menurunkan limbah domestik, hingga rata-rata penurunan zat pencemar *Biochemical Oxygen Demand (BOD₅)*, COD, nitrogen dan fosfat sebesar 90%

Konsep pengolahan limbah cair pada dasarnya mendapatkan efisiensi penyisihan maksimal dengan operasional yang tidak membutuhkan biaya tinggi (Hendrasarie, dkk, 2021). Bertolak dari hal tersebut, dalam penelitian ini memodifikasi SBR dengan menambahkan *sludge zone* yang ditempatkan pada dasar reaktor SBR. Hal ini bertujuan untuk mengatur *sludge* yang terbentuk dari proses gradasi mikroorganisme, agar tidak tergerus kembali (*bulking*) mengikuti aliran fluida didalam reaktor. Sehingga diharapkan *excess sludge* tidak terikutkan effluent, yang pada akhirnya kualitas effluent meningkat.

2. Metode Penelitian

Sampel penelitian adalah air limbah rumah makan yang diambil dari salah satu rumah makan Padang di Surabaya, dengan titik pengambilan setelah limbah diolah menggunakan

Grease trap. Reaktor *Sequencing Batch Reactor* dirancang menggunakan *sludge zone* dan tanpa *sludge zone*. Parameter yang akan diuji yaitu BOD₅, total phosphat dan total nitrogen.

Volume lumpur aktif umumnya menggunakan 25% hingga 70% dari volume kerja. Ditentukan volume lumpur aktif setinggi sebesar 4 L yang berarti 50% dari volume kerja, sedangkan sisa volume kerja 50% yang merupakan volume air limbah.

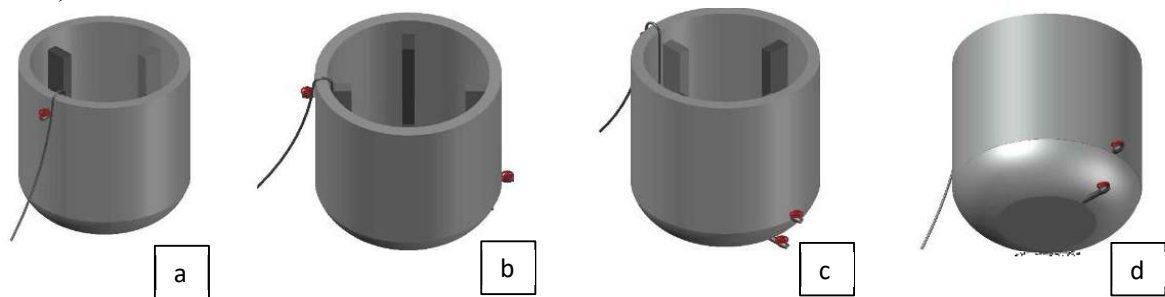
Tabel 1. Karakteristik Air Limbah Rumah Makan Padang

| Parameter | Kisaran Nilai | Satuan |
|--------------|------------------|--------|
| COD | 2237,2 - 3551,02 | mg/l |
| TSS | 1010 - 1460 | mg/l |
| PO4 | 20,04 - 29,2 | mg/l |
| Total N | 104,33 - 136,2 | mg/l |
| Minyak Lemak | 102 | mg/l |

Sumber: Hasil Analisa, 2021

Adapun variabel dalam penelitian ini adalah Hydraulic Retention Time (HRT), sebesar 12 jam, 24 jam, 36 jam dan 48 jam). Selain HRT, juga dianalisa pengaruh laju aliran udara sebesar 7 L/min dan 14 L/min.

Berikut adalah *Sequencing Batch Reactor* tanpa *sludge zone* dan menggunakan *sludge zone*,



Gambar 1. *Sequencing Batch Reactor* (a dan b) Tanpa *sludge zone* (c dan d) Dengan *sludge zone*

Prosedur penelitian yaitu melalui beberapa tahap yaitu pada tahap pertama, adalah proses *seeding*. *Seeding* dilakukan dengan menambahkan gula dapur sebanyak 1 sendok/hari ke dalam lumpur aktif (Jiraprasertwong, *et.al.* (2018) dan Liu, *et.al.* (2018)). Setelah itu *Mixed Liquor Suspended Solid* MLSS sebesar 2000 - 5000 mg/L pada lumpur (Khan, *et.al.* (2018)). Proses *seeding* dilakukan sampai tumbuh biofilm, hal tersebut ditandai dengan adanya lapisan lendir berwarna coklat yang menyelimuti permukaan dinding bak (Wei, *et.al.*, 2021).

Proses aklimatisasi tidak dapat ditentukan lamanya, tetapi berdasarkan penelitian terdahulu aklimatisasi lumpur dilakukan selama 2 hingga 4 minggu. Secara umum aklimatisasi dihentikan ketika penyisihan COD telah konstan atau dengan fluktuasi yang tidak terlalu terlihat. Karena itu influen dan efluen air limbah selalu diuji setiap harinya agar mengetahui persentase penyisihan COD telah konstan atau belum. (Luo, (2018) dan Li *et.al.* (2020)). Selanjutnya dilakukan proses *running* untuk mengolah limbah.

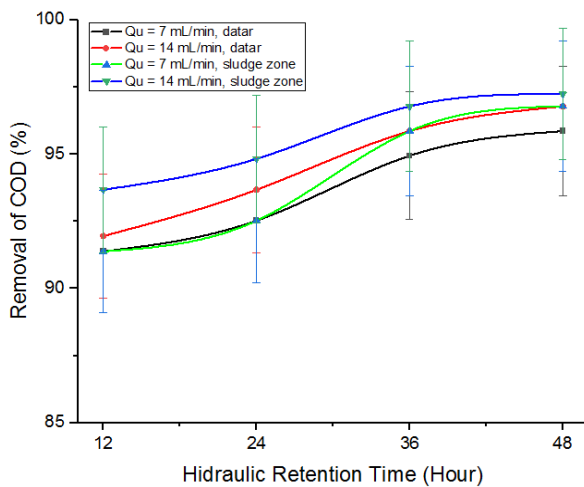
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Optimasi *Hydraulic Retention Time* (HRT)

Penelitian ini bertujuan menganalisa penyisihan zat pencemar pada limbah rumah makan, yaitu: *Chemical Oxygen Demand* (COD), Total Nitrogen, *Total Phosphat*, *Total Suspended Solid* (TSS), dan *Oil & Grease*. Selain itu juga menganalisa HRT optimal yang dibutuhkan untuk mendegradasi zat pencemar pada limbah rumah makan.

Penyisihan COD

COD adalah zat pencemar organik yang umumnya tinggi pada limbah rumah makan. SBR mampu menurunkan COD dengan kandungan organik tinggi. Hasil penelitian penyisihan COD dijelaskan pada Gambar 2. Penyisihan COD ditinjau dengan HRT.

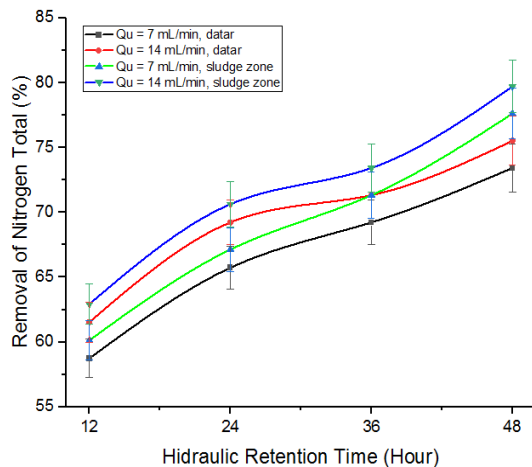


Gambar 2. Efisiensi Penurunan COD ditinjau dengan HRT

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat efisiensi penurunan konsentrasi COD meningkat dengan peningkatan HRT. Efisiensi penyisihan COD pada SBR-SZ dengan HRT 48 jam menghasilkan efisiensi penyisihan tertinggi dibandingkan pada HRT 12 jam, 24 jam dan 36 jam, pada laju aerasi 14 L/menit, sebesar 97,4%. Dengan demikian membuktikan bahwa SBR-SZ lebih baik dalam menyisihkan parameter COD dibandingkan dengan SBR-SZ

Penyisihan Nitrogen Total

Nitrogen yang berlebih pada badan air, menjadi pencemar yang berbahaya pada biota yang ada. SBR-SZ mampu menurunkan total nitrogen, dengan bantuan mikroorganisme pengurai Total Nitrogen. Dibawah ini, dijelaskan pada Gambar 3 penyisihan total nitrogen oleh SBR-Z dan SBR *non sludge zone*.

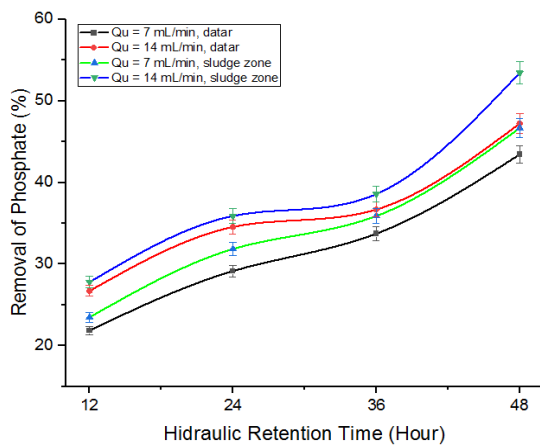


Gambar 3. Efisiensi Penurunan Total Nitrogen ditinjau dengan HRT

Penurunan konsentrasi total nitrogen, meningkat dengan meningkatkan HRT dan daya udara. HRT yang lebih lama, memberikan kesempatan kondisi aerob dan anaerob yang lebih optimal pada bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi, untuk menguraikan total nitrogen. Didapatkan hasil, pada HRT 48 jam dan debit udara 14 L/min, mampu menurunkan total nitrogen sebesar 76.2 % sedikit lebih tinggi daripada SBR non sludge zone, sebesar 74.8%. Jika debit udara diturunkan pada 7 L/min, efisiensi penurunan total nitrogen menurun akibat konsentrasi oksigen terlarut yang ada pada fluida di dalam reactor SBR akan turun juga. Hal ini berpengaruh pada kemampuan bakteri pendegradasi total nitrogen.

Penyisihan Total Phosphat

Phosphat jika berlebih dibadan air permukaan, akan menyebabkan *algae bloom*. Blooming alga merupakan suatu peristiwa dimana jumlah alga yang berada di perairan membludak jumlahnya, akibat kelebihan nutrient salah satunya adalah phosphat. Dibawah ini, pada Gambar 4, dijelaskan penyisihan Total Phosphat, berdasarkan HRT.

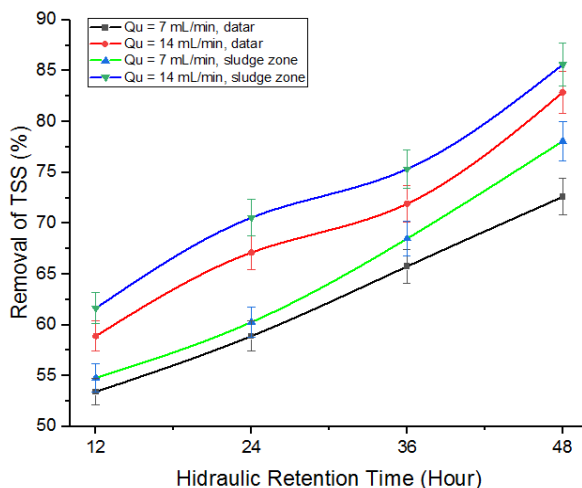


Gambar 4. Efisiensi Penurunan Total Phosphat ditinjau dengan HRT

Effisiensi penurunan phosphate, yang dihasilkan pada pengolahan SBR-SZ dengan HRT 48 jam laju aerasi 14 L/menit efisiensi hanya mampu di 53.4% saja namun penurunan ini lebih baik dibandingkan dengan SBR tanpa SZ. Pada pengolahan menggunakan SBR sistem *batch* pada HRT 48 jam dan laju aerasi 14 L/menit konsentrasi effluent PO_4 yang dihasilkan hanya mampu mendekati nilai baku mutu sebesar 10,89 mg/L dengan nilai efisiensi penurunannya sebesar 47,23%. Penurunan senyawa fosfat juga dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen dan waktu tinggal selama proses berlangsung (Said, N.I., 2018 dan Wang, *et.al.*, 2020). Konsentrasi oksigen yang lebih rendah menyebabkan tingkat penyerapan fosfat yang lebih rendah, sebaliknya pula oksigen yang lebih tinggi menyebabkan tingkat penyerapan fosfat yang lebih tinggi pula. Kemudian efisiensi penyisihan senyawa fosfat meningkat dengan peningkatan waktu tinggal (HRT), karena pelepasan fosfor biasanya terjadi setelah denitrifikasi, sehingga pelepasan senyawa fosfat dapat terjadi secara bersamaan (Song, *et.al.*, 2020, dan Stultiens, 2019))

Penyisihan *Total Suspended Solid (TSS)*

Berikut ini efisiensi penyisihan TSS disetiap HRT, selama pengoprasian SBR disajikan pada Gambar 5.

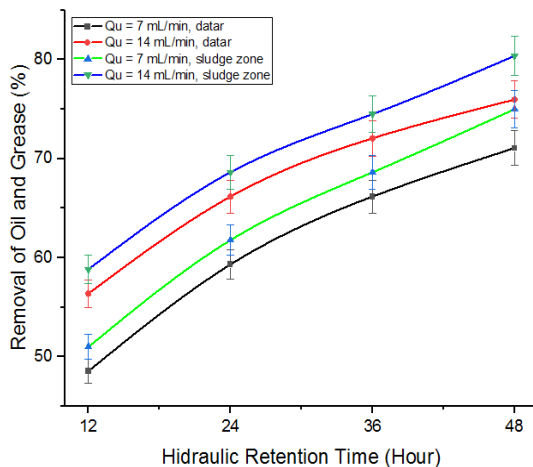


Gambar 5. Efisiensi Penurunan *Total Suspended Solid* ditinjau dengan HRT

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat efisiensi penurunan konsentrasi TSS mengalami peningkatan dengan meningkatnya HRT. Kemampuan penurunan TSS tertinggi pada SBR-SZ dengan laju aerasi 14 L/menit di HRT 48 jam sebesar 85.62%. Dengan demikian membuktikan bahwa SBR-SZ lebih baik dalam menyisihkan parameter TSS dibandingkan dengan SBR tanpa *sludge zone*.

Penyisihan *Oil and Grease*

Oil and Grease pada limbah rumah makan, sebenarnya sudah diturunkan oleh penjerap *oil & grease*. Dalam penelitian ini, mencoba mengetahui berapa besar kemampuan SBR untuk menurunkan *oil & grease* pada limbah rumah makan.

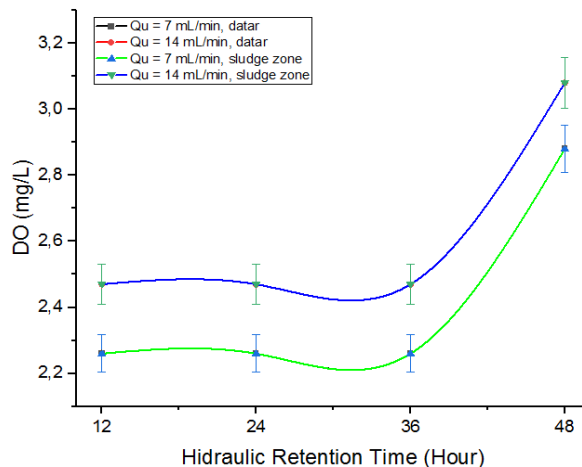


Gambar 6. Efisiensi Penurunan *Oil & Grease* ditinjau dengan HRT

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat efisiensi penurunan konsentrasi *oil & grease* mengalami peningkatan dengan meningkatnya HRT. Kemampuan penurunan *oil & grease* tertinggi pada SBR-SZ sebesar 80.39% pada laju aerasi 14 L/menit. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri yang berperan pada SBR mampu menguraikan *oil and grease*.

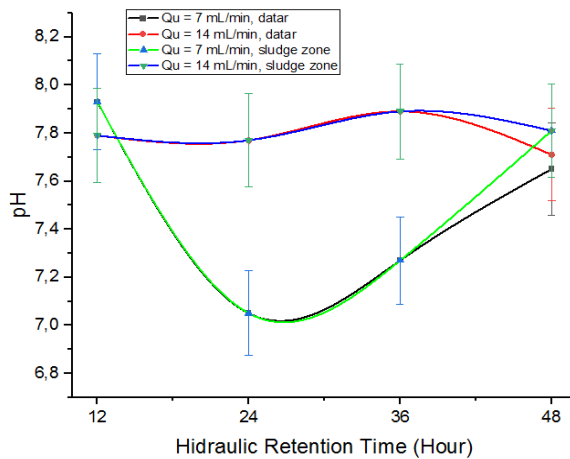
3.2 Karakteristik Dissolved Oxygen dan pH Berdasarkan HRT

Berikut ini merupakan hasil uji parameter DO pada variasi HRT, pada Gambar



Gambar 7. Karakteristik pH ditinjau dengan HRT

Karakteristik DO pada SBR-SZ dan *non sludge zone*, memiliki nilai yang sama, perbedaan hanya pada saat ditambahkan laju aerasinya. Hal ini membuktikan bahwa, dengan penambahan *sludge zone* pada SBR, tidak berpengaruh pada homogenitas DO pada air limbah di SBR. Hasil uji parameter pH pada variasi HRT dapat dilihat pada Gambar 7.

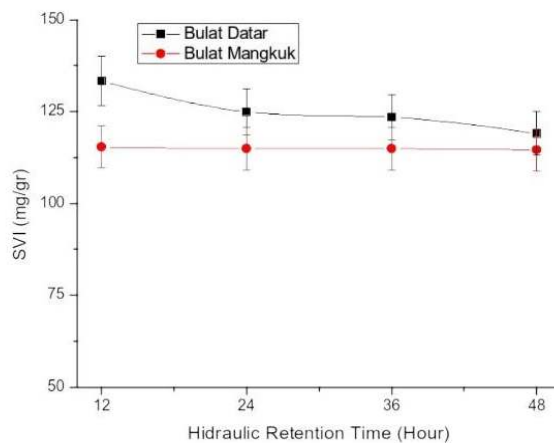


Gambar 8. Karakteristik pH ditinjau dengan HRT

Pada Gambar 8. Karakteristik pH pada SBR-SZ dan SBR-NZ (*non sludge zone*) memiliki nilai yang cenderung mengelompok berdasarkan peningkatan laju aerasi. Karakteristik pH pada SBR-SZ dan *non sludge zone*, memiliki karakteristik yang sama. Yang membedakan pada saat HRT ditingkatkan, pH meningkat pada SBR-SZ melebihi SBR *non sludge zone*, meski masih pada range pH netral.

3.3 Nilai SVI dan SRT Pada *Sequencing Batch Reactor (SBR)*

SVI adalah indikator untuk mengecek sifat endapan lumpur aktif. SVI pada kisaran antara 50-150 untuk proses lumpur aktif yang dioperasikan dengan baik. Jika SVI mencapai angka diatas 200, ada kemungkinan terjadi '*bulking*'. *Bulking* adalah peristiwa dimana mikroba lumpur aktif tidak mau mengendap sebagaimana semestinya di tangki sedimentasi. Sebagian mikroba ikut keluar dengan efluen dan proses tidak berfungsi secara normal. Faktor penyebab *bulking* adalah *organic loading* yang kurang cocok, kekurangan nutrient, kekurangan oksigen, temperature yang kurang cocok, dan lain-lain (Said, N.I, 2018b). Pada Gambar 9 dijelaskan SVI berdasarkan HRT dan pengaruh penambahan *sludge zone* pada SBR.

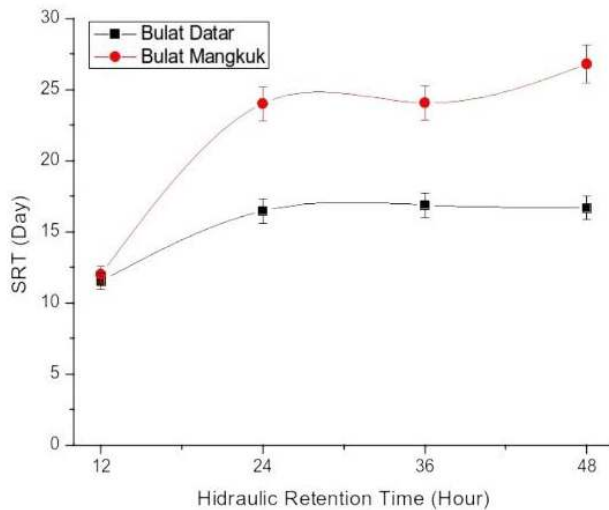


Gambar 9. SVI Pada SBR-SZ dan tanpa *Sludge Zone* berdasarkan HRT

Ditinjau dari karakteristik pengendapan *sludge*, yang diukur adalah SVI (*Sludge Volume Index*) pada penambahan *sludge zone* sebesar rata-rata 110 lebih kecil dibandingkan tanpa *sludge zone* pada kisaran 130, menunjukkan *sludge* pada kedua bentuk memiliki *sludge* yg mengendap dengan baik dari standard 100-150, semakin kecil nilainya semakin sempurna *sludge* mengendap.

SRT (*Sludge Retention Time*)

SRT menunjukkan rata-rata berapa lama lumpur aktif tinggal dalam sistem.



Gambar 10. SRT Pada SBR-SZ dan SBR-NZ berdasarkan HRT

Pada Gambar 10. Ditinjau dengan SRT (*Sludge Retention Time*, dengan penambahan *sludge zone* pada kisaran 15 hari, nilai ini lebih kecil daripada tanpa *sludge zone* sebesar 25 hari. Hal ini menggambarkan, semakin kecil nilai SRT menunjukkan excess *sludge* lebih sedikit sehingga efektif dalam penyisihan zat pencemar.

4. Kesimpulan

Sequencing Batch Reactor-sludge zone dari hasil penelitian ini didapatkan mampu mendegradasi kandungan organik, rata-rata 15% lebih tinggi dibandingkan dengan SBR tanpa *sludge zone*. Kemampuan SBR-SZ untuk menurunkan parameter COD, total nitrogen, PO₄, TSS dan *oil & grease*, masing-masing pada 97,24 %; 79.72%; 85.62%; dan 80.39%., pada HRT 48 jam dan laju aerasi 14 L/min. Ditinjau dari karakteristik pengendapan *sludge*, yang diukur adalah SVI (*Sludge Volume Index*), didapatkan pada SBR-SZ sebesar rata-rata 110, sedang SBR *non sludge zone* rata-rata 130. Nilai SVI pada SBR-SZ lebih kecil dari SBR *non sludge zone*, semakin kecil nilainya semakin sempurna *sludge* mengendap. Ditinjau dengan SRT (*Sludge Retention Time*), SBR-SZ rata-rata 15 hari, nilai ini lebih kecil daripada SBR *non sludge zone* sebesar 25 hari. Semakin kecil nilai SRT berarti lumpur yang terbuang lebih sedikit, hal ini

menunjukkan penambahan *sludge zone* pada SBR, mampu meningkatkan efektifitas penurunan kandungan organik.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Mendikbud RI, atas pendanaan penelitian pada Hibah Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, Y., He, H., Liu, H., (2018) *Effect of salinity on removal performance and activated sludge characteristics in Sequencing Batch Reactor*, Bioresource Technology, 249, pp. 856-899
- Fatiha, S., and Novirina, H., (2020), *Reduction of Organic Parameters in Apartment Wastewater using Sequencing Batch Reactor by Adding Activated Carbon Powder*, IOP Conference Series
- Hyeongok, Lee., Kilsoo, Hyun., (2020) *Effect of sequencing batch reactor (SBR)/granular activated carbon (GAC) bed and membrane hybrid system for simultaneous water reuse and membrane fouling mitigation*. J. Environmental Engineering Research, 26(1):223-230
- Hendrasarie, N. and Yadaturrahmah, I.I., (2021), Pengaruh Penambahan *Impeller* Pada Fase Aerobik Terhadap Efisiensi Kinerja *Sequencing Batch Reactor* Pada Limbah Cair Industri Tahu, *Jurnal Envirotek*, vol.13, no.1
- Hendrasarie, N., Zarfandi, Rosariawari, F and Putro, R.K.H., (2021), *Addition of Fixed Bed Biofilm in Sequencing Batch Reactor to Remove Carbon-Nitrogen for Apartment Wastewater*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 1125
- Hendrasarie, N., (2021), Mengolah Limbah Cair Domestik di Lahan Sempit. Penggunaan Teknologi *Sequencing Batch Reactor*, Putra Media Nusantara.
- Jiraprasertwong, A., Vichaitanapat, K., Leethochawalit, M., (2018), *Three-Stage Anaerobic Sequencing Batch Reactor (ASBR) for Maximum Methane Production: Effects of COD Loading Rate and Reactor Volumetric Ratio*, Energies, 11(1543), pp. 2-16
- Khan, N.A., dan Khorasgani, F., C., (2018) *Review on SBR (Sequencing Batch Reactor) Treatments Technology of Industrial Wastewater*, REST Journal on Emerging Trends in Modelling and Manufacturing, 3 (4), pp. 87-90
- Liu, L., Zeng, Z., Bee, M., Gibson, V., (2018) *Characteristics and performance of aerobic algae-bacteria granular consortia in a photo-sequencing batch reactor*, Journal of Hazardous Materials, 349, pp. 135-142
- Luo, Z.Y., (2018) *Application of SBR Process in Urban Sewage Treatment*. J. Value Engineering, (16):180-182
- Li, R. H., (2020) *Application of CASS Technology in Urban Sewage Treatment Plant*, J. Guangdong Chemical Industry, 47(4):134-136.
- Said, N. I., (2018). Paket Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Yang Murah dan Efisien. *Jurnal Air Indonesia*, 2(1).
- Song, L, Xu, W. B, Deng, G. Z., (2020) *Advanced Treatment of Domestic Sewage with the Ecological Filter Bed and Response of Microbe to Temperature*. J. Technology of Water Treatment, (07): 103-107.
- Stultiens, K., Cruz, S, G., (2019), *Interactions between anaerobic ammonium and methane-oxidizing microorganisms in a laboratory-scale sequencing batch reactor*, Environmental Biotechnology, 103, pp. 6783-6795

- Wang, H., Chen, N., Feng, C., Deng, Y. and Gao, Y., (2020). *Research on efficient denitrification system based on banana peel waste in sequencing batch reactors: Performance, microbial behavior and dissolved organic matter evolution*. *Chemosphere*, 253, pp.126693.
- Wei, Y., Ye, Y., Ji, M., Peng, S., Qin, F., Guo, W., and Ngo, H.H., (2021). *Microbial analysis for the ammonium removal from landfill leachate in an aerobic granular sludge sequencing batch reactor*. *Bioresource Technology*, 324, p.124639.