

**PENGARUH PENAMBAHAN IMPELLER TERHADAP KINERJA
SEQUENCING BATCH REACTOR PADA LIMBAH CAIR TAHU**
*EFFECT OF ADDITION AN IMPELLER OF SEQUENCING BATCH REACTOR
PERFORMANCE ON TOFU INDUSTRY WASTEWATER*

Irma Ilham Yadaturrahmah dan Novirina Hendrasarie

*Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional
"Veteran" Jawa Timur, Jl. Raya Rungkut Madya-Gunung Anyar Surabaya, 60294, Indonesia
E-mail: novirina@upnjatim.ac.id*

ABSTRAK

Saat ini usaha industri tahu sedang berkembang. Limbah yang dihasilkan dari industri tahu akan menjadi suatu permasalahan bagi lingkungan. Pengolahan air limbah industri tahu dapat dilakukan dengan cara pengolahan biologis karena dapat menurunkan kandungan organik pada air limbah tahu. Salah satu teknologi pengolahan limbah yang efektif dan efisien adalah Sequencing Batch Reactor (SBR). Prinsip operasi SBR adalah mengisi dan menarik (fill and draw), yang terdiri dari lima tahap yaitu pengisian (fill), reaksi (reaction), pengendapan (settle), pembuangan air olahan (decand) dan pembuangan lumpur (idle). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja SBR dengan penambahan impeller pada fase aerobik dalam menurunkan kandungan BOD, PO₄ dan N Total pada air limbah tahu. SBR dioperasikan dengan waktu retensi hidrolik (HRT) dan kecepatan pengadukan yang bervariasi, yaitu masing-masing sebesar 24, 36 jam dan 48 jam serta kecepatan pengadukan sebesar 50, 100 dan 150 rpm. Dari hasil penelitian didapatkan HRT dan kecepatan pengadukan optimum, yaitu masing-masing sebesar 48 jam dan 150 rpm. Dengan efisiensi penyisihan BOD, PO₄ dan N Total yang dihasilkan, masing-masing sebesar 93,33%, 90,97% dan 93,73%.

Kata kunci: air limbah tahu, impeller, kecepatan, pengadukan, Sequencing Batch Reactor (SBR), waktu retensi hidrolik (HRT).

ABSTRACT

Currently the tofu industry is growing. The waste produced from the tofu industry will be a problem for the environment. Tofu industrial wastewater treatment can be done by biological treatment because it can reduce the organic content in tofu wastewater. One of the effective and efficient waste treatments is Sequencing Batch Reactor (SBR). The principle of operation of the SBR is fill and draw, which consists of five stages, fill, reaction, settle, decand and idle. This study aims to see the performance of SBR with the addition of an impeller in the aerobic phase in reducing the content of BOD, PO₄ and Total N in tofu wastewater. SBR is operated with a hydraulic retention time (HRT) and varying stirring speeds, namely 24, 36 and 48 hours respectively and stirring speeds of 50, 100 and 150 rpm. The results showed that the optimal HRT and stirring speed were 48 hours and 150 rpm, respectively. With the efficiency of BOD, PO₄ and Total N removal produced, respectively 93,33%, 90,97% and 93,73%.

Keywords: Hydraulic Retention Time (HRT), impeller, Sequencing Batch Reactor (SBR), speed, stirring, Tofu Industrial Wastewater.

1. PENDAHULUAN

Industri tahu merupakan salah satu industri yang berkembang pesat di Indonesia. Pesatnya perkembangan industri tahu diiringi dengan pesatnya hasil buangan yang berupa limbah. Air limbah tahu yang dihasilkan industri tahu seringkali dibuang langsung ke badan air sehingga dapat menimbulkan masalah lingkungan. Air limbah tahu memiliki kandungan organik yang cukup tinggi, pada umumnya air limbah tahu memiliki karakteristik seperti pH, BOD, COD, TSS, amonia, nitrit dan nitrat yang melebihi baku mutu (Puspayana, 2013). Untuk itu diperlukan pengolahan air limbah tahu sebelum dibuang ke badan air sehingga mencegah timbulnya masalah lingkungan. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengolah limbah secara efektif dan efisien adalah *Sequencing Batch Reactor* (SBR).

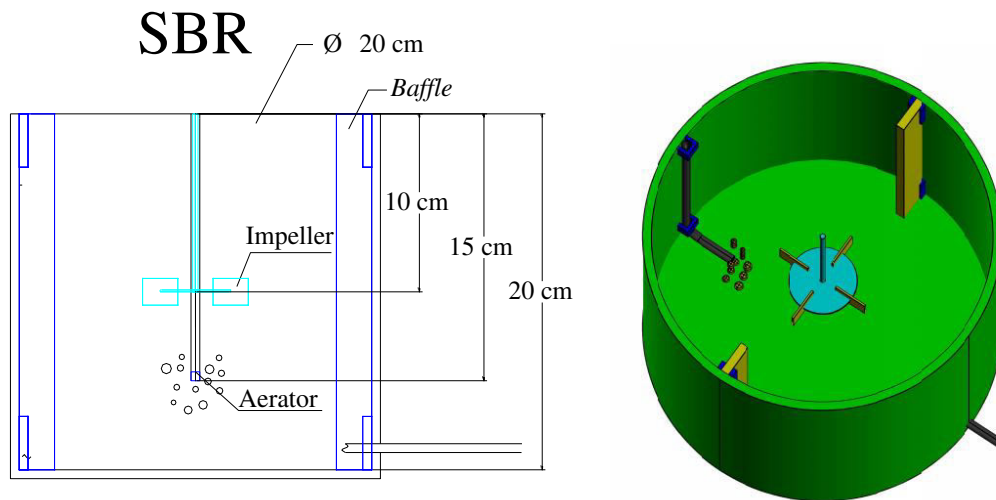
SBR merupakan salah satu teknologi yang telah digunakan sebagai teknologi yang efisien untuk pengolahan air limbah karena konfigurasi yang sederhana dan memiliki tingkat efisiensi yang tinggi untuk menurunkan senyawa-senyawa organik (Bakare, 2017). SBR merupakan salah satu proses lumpur aktif (*activated sludge*), akan tetapi pengolahan SBR berbeda dengan pengolahan lumpur aktif konvensional. Pada pengolahan SBR semua langkah-langkah pengolahan terjadi dalam satu bak sedangkan lumpur aktif konvensional menggunakan beberapa bak. Prinsip operasi SBR adalah mengisi dan menarik (*fill and draw*), yang terdiri dari lima tahap yaitu pengisian (*fill*), reaksi (*reaction*), pengendapan (*settle*), pembuangan air olahan (*decand*) dan pembuangan lumpur (*idle*) (Said, 2017).

Telah banyak penelitian yang menggunakan proses SBR sebagai teknologi untuk mengolah air limbah dengan berbagai pembaharuan dan pengembangan. Penelitian yang dilakukan oleh Li (2008) menggunakan proses SBR dengan aerasi intermittent dan penambahan mixer mekanik tipe paddle mampu menurunkan parameter COD 96%, Total Nitrogen (TN) 96% dan Total Pospor (TP) 99% pada air limbah rumah pemotongan hewan.

Penerapan pengolahan limbah cair tahu lebih baik jika dapat diterapkan dengan biaya rendah, efektif dan teknologi yang mudah dioperasikan. Oleh karena itu SBR merupakan metode pengolahan yang tepat untuk limbah tahu yang memiliki kandungan bahan organik tinggi. Untuk mewujudkan hal tersebut maka penelitian ini akan menerapkan metode Sequencing Batch Reactor (SBR) dengan menambahkan impeller pada tahap aerobik dari SBR.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan menggunakan air limbah tahu yang diambil dari industri tahu di Sidoarjo. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu reaktor SBR, *turbine vaned disc impeller 4 flat blades*, *air stone*, *air pump*, pH meter dan *thermometer*. Parameter yang akan diuji yaitu BOD, PO₄, dan N Total.



Gambar 1 Sketsa Reaktor SBR

Penelitian pendahuluan pada penelitian ini yaitu pengujian awal karakteristik limbah cair tahu dan *seeding* disertai aklimatisasi biomassa. Hasil analisa karakteristik awal air limbah tahu disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisa Awal Karakteristik Air Limbah Tahu

Parameter	Hasil
BOD ₅	1788.8 mg/L
PO ₄	76 mg/L
N Total	181 mg/L
pH	4.9

Sumber : Hasil analisa, 2020

MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solids*) dikondisikan 2000 - 5000 mg/L pada lumpur (Metcalf & Eddy, 2003). Kemudian lumpur dimasukkan ke dalam reaktor. Aklimatisasi dilakukan secara langsung di dalam reaktor SBR. Proses aklimatisasi yaitu dengan menambahkan air limbah tahu dengan konsentrasi yang berbeda – beda (Anisa & Herumurti, 2017). Aklimatisasi dilakukan secara bertahap, diawali dengan perbandingan volume air limbah 30% dan air suling 70% dari volume air limbah total, selanjutnya 60% air limbah 40% air suling dan 90% air limbah 10% air suling (Zarfandi, 2019). Aklimatisasi yang dilakukan secara bertahap bertujuan agar mikroorganisme dapat beradaptasi dan mencegah terjadinya shock loading. Proses aklimatisasi selesai ketika penyisihan COD mencapai persen penyisihan 50% dan konstan (Sekarani, 2019).

Penelitian utama dilakukan setelah proses aklimatisasi berakhir. Pada penelitian ini reaktor yang digunakan memiliki volume total 6 L dan volume yang akan bekerja pada reaktor 5 L. Air limbah dimasukkan ke dalam reaktor. Satu siklus reaktor SBR dilakukan selama HRT 24

jam dan 36 jam. Limbah cair tahu yang akan diolah ditampung dalam bak penampung influen sebelum dimasukkan ke dalam reaktor SBR. Pada tahap *fill* (pengisian) dilakukan selama 10 menit dengan aerasi. Selanjutnya adalah tahap reaksi dimana pada tahap ini terdapat 2 kondisi, yaitu anaerobik dan aerobik. Adanya dua kondisi ini menghasilkan efisiensi yang tinggi pada penurunan kadar nitrogen (Sekarani, 2019).

Setelah tahap reaksi adalah tahap pengendapan, pada tahap ini aerasi dan pengadukan diberhentikan dan lumpur aktif atau padatan biologis dibiarkan mengendap. Setelah tahap pengendapan selesai dilanjutkan tahap *draw* (pengeluaran efluen). Dimana setiap akhir siklus, dilakukan penggantian influen, dengan volume influen sama dengan volume efluen. Lalu dilanjutkan dengan pengeluaran lumpur yang berlebih, tahap ini dapat disebut dengan *idle* atau tahap persiapan untuk memasuki siklus selanjutnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

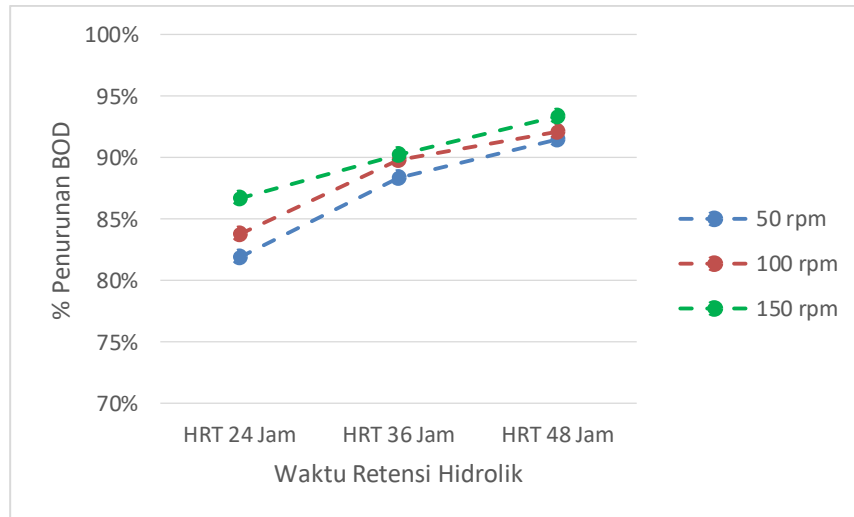
3.1 *Seeding* dan Aklimatisasi

Proses *seeding* merupakan bagian dari penelitian pendahuluan sebelum memasuki ke penelitian utama. Proses *seeding* dilakukan dengan tujuan untuk menumbuhkan dan mengembangbiakkan mikroorganisme yang berasal dari air limbah tahu. Proses *seeding* dilakukan secara alami selama 14 hari secara batch. Pergantian air limbah dilakukan secara berkala setiap 1 kali sehari selama proses *seeding*. Pada proses *seeding* dilakukan pemberian nutrient yang dibutuhkan oleh mikroorganisme sebagai bahan makanan agar mikroorganisme cepat tumbuh. Nutrient yang diperlukan mikroorganisme berupa rasio C : N : P agar mikroorganisme dapat tumbuh dan berkembang biak dengan maksimal. Perbandingan rasio C : N : P yang diberikan untuk mikroorganisme sebesar 100:5:1 untuk aerob (Zarfandi, 2019). Pada hari ke-10 dilakukan analisa MLSS dengan hasil 2069,8 mg/L. MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solids*) dikondisikan 2000 - 5000 mg/L pada lumpur (Metcalf & Eddy, 2003).

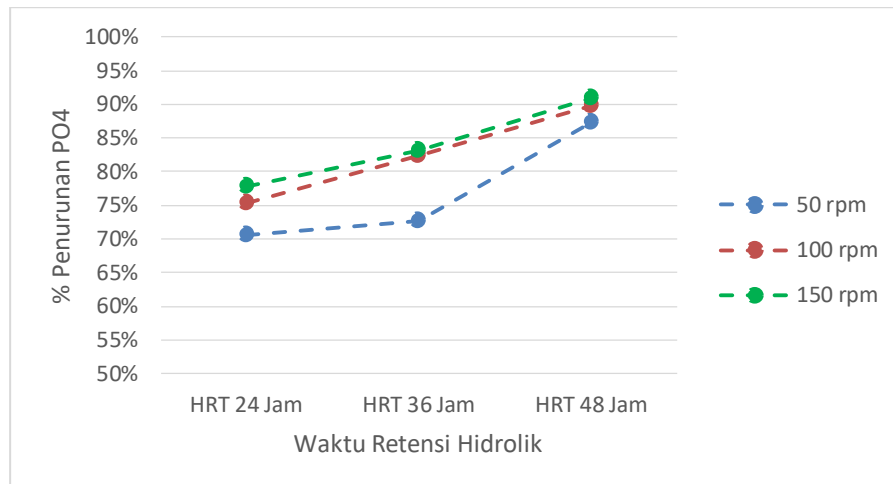
Setelah melalui proses *seeding*, dimana mikroorganisme yang tumbuh dan berkembangbiak telah mencukupi maka dapat dilanjutkan pada proses aklimatisasi. Proses aklimatisasi merupakan pengadaptasian mikroorganisme dengan air limbah. Aklimatisasi dilakukan secara bertahap yaitu dengan menaikkan konsentrasi air limbah sebesar 30%, 60%, dan 90%. Pentahapan konsentrasi air limbah bertujuan agar mikroorganisme beradaptasi dengan air limbah baru secara perlahan agar mikroorganisme tidak mengalami shock loading. Aklimatisasi dilakukan selama 10 hari hingga mikroorganisme dapat mendegradasi bahan organik pada konsentrasi limbah tertinggi. Pada proses ini dilakukan pengamatan penurunan nilai COD.

3.2 Waktu Retensi Hidrolik yang Optimal dalam Menurunkan Parameter BOD, PO₄ dan N Total Pada Limbah Cair Tahu Menggunakan SBR

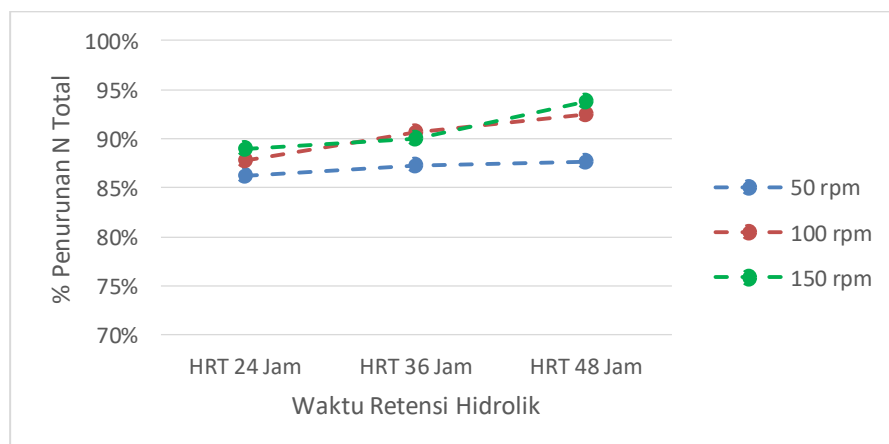
Waktu Retensi Hidrolik (HRT) mempengaruhi nilai konsentrasi efluen dan efisiensi penyisihan yang dihasilkan. Semakin lama HRT yang dioperasikan maka semakin tinggi hasil efisiensi penyisihannya (Sekarani, 2019).



Gambar 2. Hubungan Waktu Retensi Hidrolik terhadap % Penurunan BOD Pada Penambahan *Impeller*



Gambar 3. Hubungan Waktu Retensi Hidrolik terhadap % Penurunan PO₄ Pada Penambahan *Impeller*

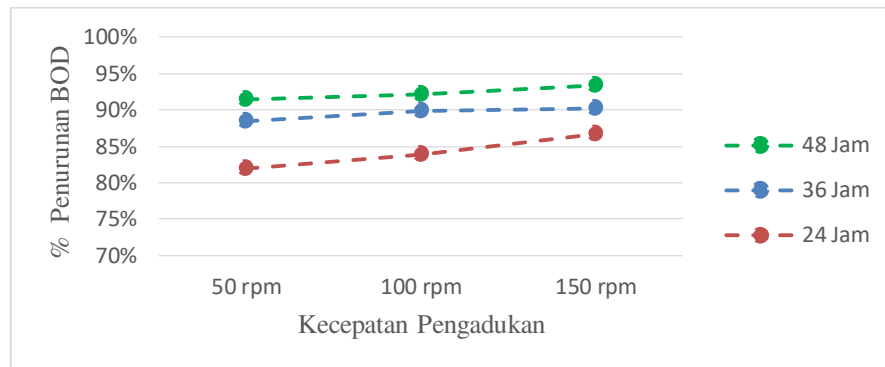


Gambar 4. Hubungan Waktu Retensi Hidrolik terhadap % Penurunan N Total Pada Penambahan *Impeller*

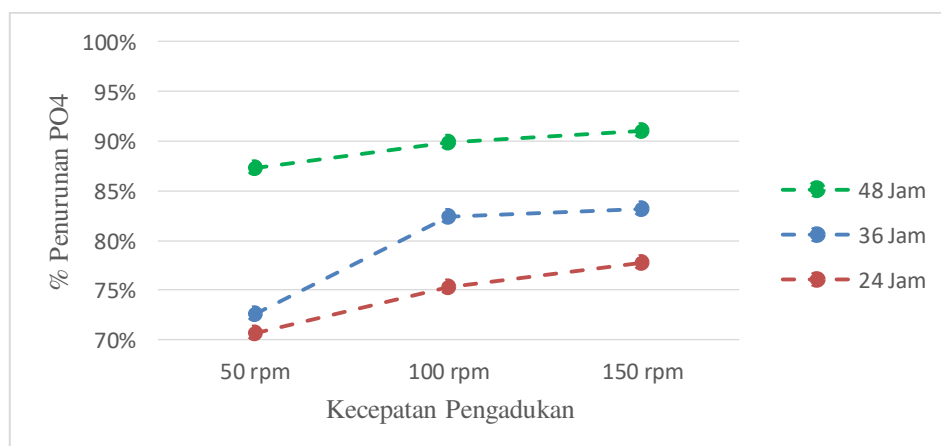
Berdasarkan hasil tersebut waktu retensi hidrolik (HRT) yang optimal pada penelitian ini dalam menurunkan kadar BOD adalah 48 jam, dimana pada HRT 48 jam seluruh variasi kecepatan pengadukan memiliki persentase penurunan BOD yang lebih tinggi daripada variasi HRT 24 jam dan 36 jam. Pada penelitian ini semakin lama waktu retensi hidrolik (HRT) yang digunakan maka semakin baik persentase penurunan parameter BOD, PO_4 dan N Total yang ditunjukkan pada gambar 2, 3 dan 4. Penurunan nilai parameter semakin baik jika waktu retensi hidrolik (HRT) semakin lama karena waktu kontak antara limbah dan media semakin lama sehingga efisiensi semakin besar. Selain itu semakin lama HRT yang dioperasikan maka waktu reaksi aerob juga akan semakin lama. Pada tahap reaksi aerob terdapat aerasi dimana mikroorganisme akan mendegradasi bahan-bahan organik. Ketika mikroorganisme mendegradasi bahan-bahan organik, akan ada penyimpanan bahan-bahan organik dalam bentuk flok atau terlarut (Sekarani,2019).

3.3 Kecepatan Pengadukan yang Optimal dalam Menurunkan Parameter BOD, PO_4 dan N Total Pada Limbah Cair Tahu Menggunakan SBR

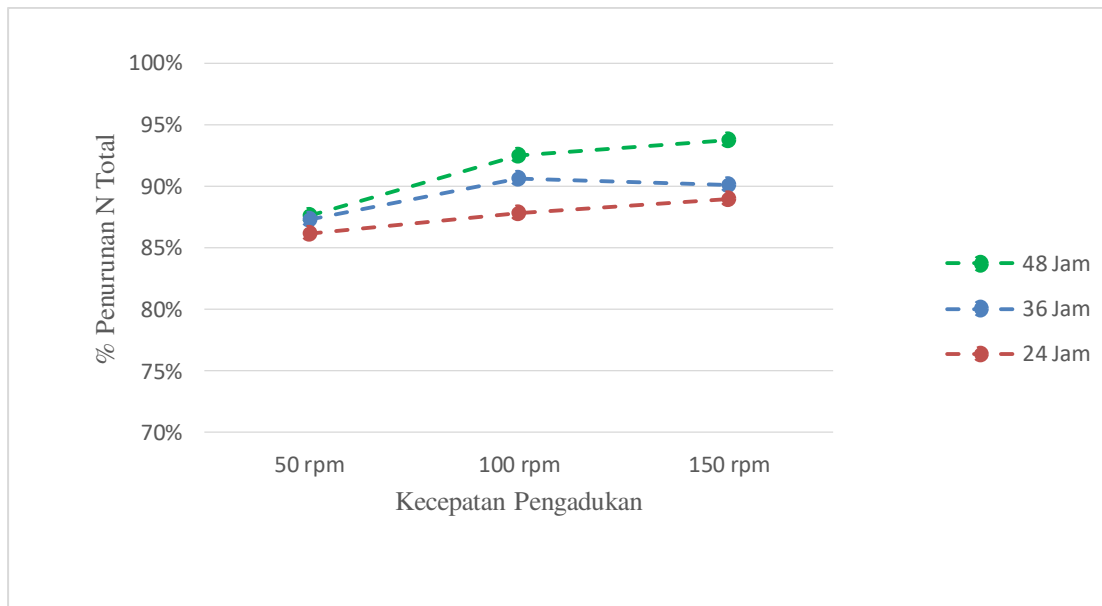
Berikut ini efisiensi penyisihan parameter BOD, PO_4 dan N Total setiap kecepatan pengadukan pada proses pengoperasian SBR disajikan pada Gambar 4



Gambar 5. Hubungan Kecepatan Pengadukan dengan % Penurunan BOD Pada Penambahan *Impeller*



Gambar 6. Hubungan Kecepatan Pengadukan dengan % Penurunan PO_4 Pada Penambahan *Impeller*

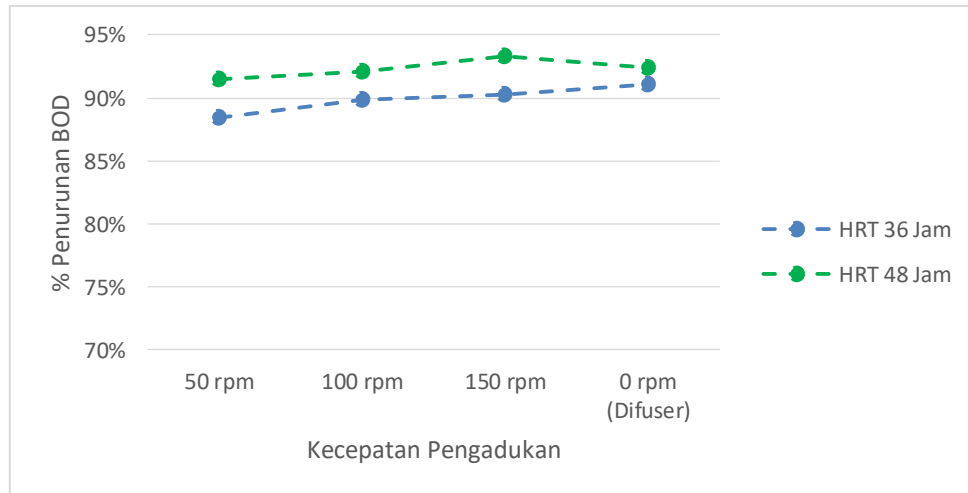


Gambar 7. Hubungan Kecepatan Pengadukan dengan % Penurunan N Total Pada Penambahan *Impeller*

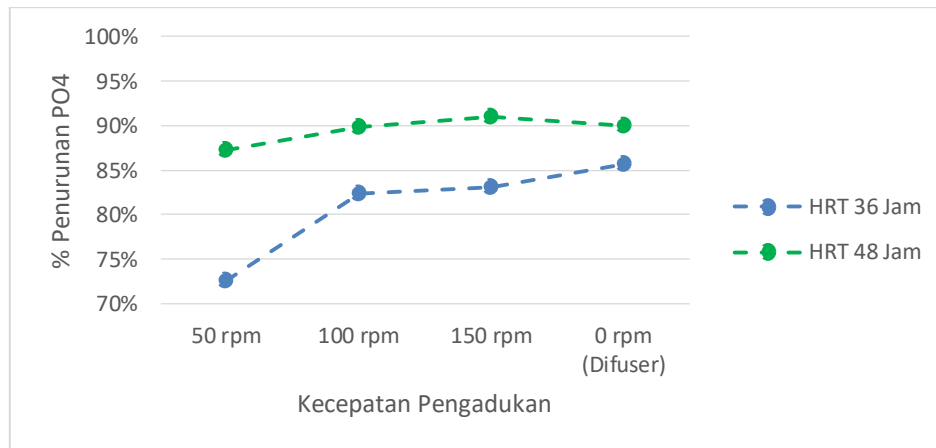
Pada gambar 5, 6 dan 7 menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan yang optimal untuk menurunkan BOD, PO_4 dan N Total adalah 150 rpm. Hal ini dibuktikan baik pada HRT 24 jam, 36 jam dan 48 jam efisiensi penurunan parameter BOD, PO_4 dan N Total terbaik pada variasi pengadukan 150 rpm. Sehingga pada penelitian ini kecepatan pengadukan yang optimal adalah 150 rpm. Hal tersebut dikarenakan pada proses pengadukan, kecepatan pengadukan dapat mempercepat homogenitas. Sehingga semakin tinggi kecepatan pengadukan maka waktu untuk mencapai homogenitas campuran akan semakin cepat (Pakpahan, 2019). Efisiensi kecepatan pengadukan dalam menurunkan BOD, PO_4 dan N Total pada reaktor pada HRT 24 jam dengan kecepatan pengaduk 150 rpm berturut-turut sebesar 86,66%, 77,76% dan 88,95%. Untuk HRT 36 jam dengan kecepatan pengadukan 150 rpm berturut-turut sebesar 90,27%, 83,16% dan 90,06%. Sedangkan HRT 48 jam dengan kecepatan pengadukan 150 rpm berturut-turut sebesar 93,33%, 90,97% dan 93,73%.

3.4 Pengaruh Penambahan *Impeller* Terhadap Penurunan Parameter BOD, PO_4 dan N Total

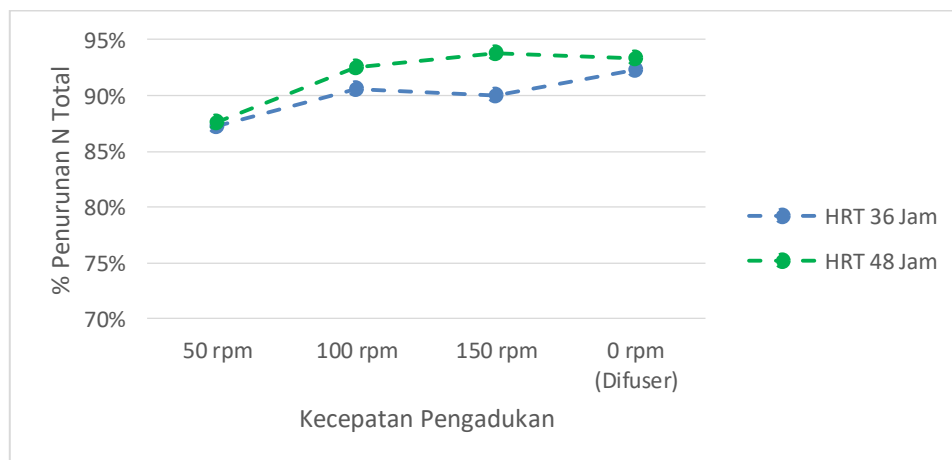
Penambahan *impeller* dapat memberikan pengaruh terhadap kinerja reaktor SBR, sehingga mempengaruhi hasil efisiensi penurunan parameter BOD, PO_4 dan N Total. Berikut merupakan pengaruh penambahan *impeller* terhadap penurunan BOD, PO_4 dan N Total pada HRT 36 jam dan 48 jam sebagai berikut



Gambar 8. Grafik Hubungan Kecepatan Pengadukan Terhadap Penurunan BOD



Gambar 9. Grafik Hubungan Kecepatan Pengadukan Terhadap Penurunan PO_4



Gambar 10. Grafik Hubungan Kecepatan Pengadukan Terhadap Penurunan N Total

Berdasarkan hasil penelitian terlihat penambahan *impeller* memiliki pengaruh terhadap penurunan parameter BOD, PO_4 dan N Total. Dimana setiap variasi kecepatan pengaduk memiliki efisiensi yang berbeda. Dari hasil tersebut terlihat kecepatan pengadukan 150 rpm pada HRT 48 jam memiliki efisiensi terbaik untuk penurunan BOD sebesar 93,33%, PO_4 sebesar 90,97% dan N Total sebesar 93,73%. Pada variasi penambahan *impeller* penurunan parameter pencemar meningkat seiring bertambah tingginya variasi kecepatan pengadukan yang diberikan. Pada variasi penambahan *impeller* HRT 36 jam dengan kecepatan pengadukan 150 rpm terjadi penyumbatan pada aerator selama beberapa jam sehingga mempengaruhi kinerja reaktor dalam menurunkan parameter pencemar. Hal ini menyebabkan efisiensi penurunan parameter pencemarnya tidak mengalami peningkatan.

Pada penelitian penambahan *impeller* berperan penting dalam penurunan BOD. Hal tersebut dikarenakan pada proses pengadukan, kecepatan pengadukan dapat mempercepat homogenitas. Sehingga semakin tinggi kecepatan pengadukan maka waktu untuk mencapai homogenitas campuran akan semakin cepat (Pakpahan, 2019). Penyisihan BOD terjadi karena mikroorganisme yang hidup dalam reaktor dapat menguraikan zat organik yang terkandung dalam air limbah. Injeksi udara dalam reaktor akan membuat kondisi aerobik sehingga mikroorganisme aerob bertugas untuk mereduksi zat organik.

Pada penelitian penambahan *impeller* berperan penting dalam penurunan PO_4 . Hal tersebut dikarenakan pada proses pengadukan, kecepatan pengadukan dapat mempercepat homogenitas. Sehingga semakin tinggi kecepatan pengadukan maka waktu untuk mencapai homogenitas campuran akan semakin cepat (Pakpahan, 2019). Penyisihan fosfat dapat terjadi pada kondisi anaerobik-aerobik. Pada kondisi anaerobik senyawa fosfat akan disisihkan dan pada kondisi aerobik senyawa fosfat akan diserap kembali (Haque, 2017). Pada kondisi anaerob, bakteri akan memperoleh energi dari hasil proses hidrolisis polifosfat kemudian melepaskan Pi . Pada kondisi aerob, organisme pengakumulasi polifosfat (PAO) akan mengembalikan polifosfat melalui pengambilan fosfat dari air limbah. PAO menghasilkan energi dari polifosfat internal atau glikogen yang tersimpan dalam selnya. Fosfat yang akan disisihkan berupa lumpur yang mengandung polifosfat intraseluler (Khusnuryani, 2008). Fosfat dibutuhkan mikroorganisme sebagai nutrisi sehingga saat mendegradasi air limbah, fosfat akan tersisih. Oleh karena itu, semakin lama waktu kontak mikroorganisme dengan air limbah, maka fosfat yang digunakan oleh mikroorganisme sebagai nutrisi juga bertambah banyak.

Penurunan N Total terjadi karena pada reaksi aerob maupun anaerob terdapat proses nitrifikasi dan denitrifikasi yang berperan dalam penurunan kandungan N Total. Pada proses nitrifikasi terjadi penguraian ammonium menjadi nitrit dan selanjutnya menjadi nitrat. Dalam proses nitrifikasi terbagi menjadi dua tahap yaitu nitritasi dan nitrasi. Pada tahap nitritasi, akan terjadi oksidasi ion ammonium (NH_4^+) menjadi ion nitrit (NO_2^-). Sedangkan pada tahap nitrasi akan terjadi oksidasi ion nitrit menjadi ion nitrat (NO_3^-). Proses denitrifikasi merupakan proses reduksi senyawa nitrat menjadi gas nitrogen (Zarfandi, 2019). Dalam proses nitrifikasi dan denitrifikasi memerlukan suplai oksigen yang cukup. Dengan kurangnya suplai oksigen maka tidak cukup untuk mengoksidasi ammonium menjadi nitrat. Dengan adanya reaksi anaerob dan aerob dimana reaksi aerob lebih lama daripada reaksi anaerob memungkinkan jumlah mikroorganisme untuk denitrifikasi sangatlah kecil sehingga kalah bersaing dengan mikroorganisme autotrof atau mikroorganisme pada proses nitrifikasi (Sekarani, 2019).

3.5 Mikroorganisme Pada *Sequencing Batch Reactor* (SBR)

Identifikasi mikroorganisme pada reaktor SBR bertujuan untuk mengetahui mikroorganisme yang berperan selama proses penyisihan kandungan organik dan bahan pencemar pada proses pengoperasian reaktor. Bakteri merupakan salah satu unsur utama yang terdapat pada flok lumpur aktif. Dalam proses pengolahan bakteri berperan dalam oksidasi material organik dan transformasi nutrisi. Bakteri akan menghasilkan polisakarida dan material polimer yang membantu flokulasi biomassa (Said, 2017).

Sesuai hasil uji bakteri di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya, bakteri yang terdapat pada proses SBR ini adalah *Pseudomonas* dan *Bacillus*. Bakteri *Pseudomonas* termasuk pada filum *Proteobacteria*. Bakteri ini bekerja pada proses denitrifikasi, mengubah nitrat menjadi nitrit dan melepas gas nitrogen. Proses denitrifikasi menjadi proses penguraian lanjutan dari nitrifikasi untuk mengurai kadar pencemar. Mikroorganisme yang ada pada media merupakan grup yang sama dengan organisme pada lumpur aktif (Said, 2017). *Pseudomonas* termasuk bakteri dalam golongan PAO (bakteri pengumpul polifosfat). Bakteri yang termasuk dalam golongan PAO beberapa diantaranya adalah *Acinetobacter*, *Aerobacter*, *Moraxella*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *E. Coli*, dan *Beggiatoa* (Khusnuryani, 2008).

Bacillus sp bersifat aerob dan fakultatif anaerob. *Bacillus sp* adalah salah satu bakteri yang berperan penting dalam proses pengolahan air limbah. *Bacillus sp* dapat memproduksi enzim ekstraseluler untuk menguraikan selulosa dan hemiselulosa. *Bacillus* berperan dalam proses denitrifikasi. Pada kondisi anaerobik dengan adanya substrat organik, *bacillus* sebagai organisme denitrifikasi pada saat proses respirasi mampu menggunakan nitrat sebagai elektron akseptor (Zarfandi, 2019). *Bacillus sp* memiliki kemampuan untuk memanfaatkan bahan organik dalam limbah dengan cara melepaskan enzim untuk menguraikan senyawa organik sehingga menghasilkan produk sampingan berupa karbondioksida (CO_2), hidrogen (H_2), metana (CH_4), air (H_2O) dan energi yang berfungsi untuk menunjang aktivitas metabolisme (Retnosari, 2013).

4. KESIMPULAN

HRT yang optimal pada proses pengolahan limbah tahu menggunakan SBR pada penelitian ini adalah pada HRT 48 jam. Sedangkan kecepatan pengadukan yang optimal pada proses pengolahan limbah tahu menggunakan SBR pada penelitian ini adalah pada kecepatan 150 rpm. Pada penelitian ini penambahan *impeller* mempengaruhi penurunan parameter BOD, PO_4 , N Total yang dihasilkan dimana efisiensi penurunan parameter BOD, PO_4 , N Total yang terbaik adalah variasi penambahan *impeller* kecepatan 150 rpm pada HRT 48 jam. Pada variasi terbaik dengan kecepatan pengadukan 150 rpm pada HRT 48 jam mampu menurunkan parameter BOD, PO_4 dan N Total berturut-turut mencapai 93,33%, 90,97% dan 93,73%. Mikroorganisme yang terdapat pada media reaktor SBR untuk mendegradasi kandungan organik pada limbah cair tahu adalah genus *Pseudomonas* dan *Bacillus*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisa, A., & Herumurti, W. (2017). Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) dengan Proses Aerobik-Anoksik untuk Menurunkan Konsentrasi Senyawa Organik dan Nitrogen. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), F361-F366.
- Bakare, B. (2017). Brewery wastewater treatment using laboratory scale aerobic sequencing batch reactor. *south african journal of chemical engineering*, 24, 128-134.
- Haque, E. A. (2017). *Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem Lumpur Aktif Model SBR Skala Laboratorium* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Khusnuryani, A. (2008). Mikroba sebagai Agen Penurun Fosfat pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit. Dalam *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi*. Yogyakarta .
- Li, J. (2008). Nutrient removal from slaughterhouse wastewater in an intermittently aerated sequencing batch reactor. *Bioresource Technology*, 99(16), 7644-7650.
- Metcalf, E., & Eddy, M. (2003). *Wastewater engineering: Treatment and Reuse*. Mic Graw-Hill, USA
- Pakpahan, Susi. (2019). Pengaruh Variasi Laju Alir Udara dan Pengadukan Terhadap Penurunan Konsentrasi Besi dan Mangan pada Air Tanah dengan Menggunakan Bubble Aerator. Skripsi. Departemen Teknik Lingkungan Universitas Sumatera Utara.
- Puspayana, D., & Alia D. (2013). Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Membran Nanofiltrasi Silika Aliran Crossflow untuk Menurunkan Kadar Nitrat dan Amonium. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(2), 2301-9271.
- Retnosari A, Ayu dan Maya Shovitri. (2013). Kemampuan Isolat Bacillus sp. Dalam Mendegradasi Limbah Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2(1), E7-E11.
- Said, N. I. (2017). *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: Erlangga.
- Sekarani, F. A., (2019). *Pengaruh Waktu Retensi Hidrolik (HRT) Dan Laju Aerasi Terhadap Penurunan Cod, N Total Dan Tss Menggunakan Powdered Activated Carbonsequencing Batch Reactor (PAC-SBR)*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Veteran Jawa Timur, Surabaya.
- Zarfandi, F. I., (2019). *Pengolahan Limbah Domestik Apartemen Menggunakan Sequencing Batch Reactor Dengan Media Ijuk dan Sabut Kelapa*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Veteran Jawa Timur, Surabaya.