

## **PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU DENGAN TEKNOLOGI ROTARY ALGAE BIOFILM REACTOR (RABR) MENGGUNAKAN SIMBIOSIS ALGA BAKTERI DENGAN VARIASI KECEPATAN PUTARAN DISK**

**MIFTAHUL JANNAH<sup>1</sup>, SHINTA ELYSTIA<sup>1\*</sup>, ARYO SASMITA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Email: [shinta.elystia@lecturer.unri.ac.id](mailto:shinta.elystia@lecturer.unri.ac.id)

### **ABSTRAK**

Limbah cair tahu memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, sehingga dapat memicu terjadinya penurunan kualitas perairan. Simbiosis alga bakteri adalah teknologi alternatif yang menjadi solusi dalam pengolahan air limbah. Rotary Algae Biofilm Reactor (RABR) diidentifikasi sebagai bioreaktor alternatif untuk pengolahan air limbah industri dengan kombinasi sistem suspended growth dan attached growth pada media disk. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh kecepatan putaran disk dan waktu kontak pada proses RABR untuk penurunan kadar organik BOD dan COD. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan kecepatan putaran yaitu 3 rpm, 5 rpm, dan 7 rpm serta waktu kontak 0, 1, 3, dan 5 hari untuk menyisihkan parameter BOD dan COD pada limbah cair tahu. Hasil dari penelitian menunjukkan efisiensi tertinggi selama proses pengolahan dalam menyisihkan parameter yaitu pada variasi kecepatan putaran disk 7 rpm di hari ke-5, dengan efisiensi penyisihan BOD 73,42% dengan konsentrasi awal 737,4 menjadi 196 mg/L dan COD 70,64% dengan konsentrasi awal 981 mg/L menjadi 288 mg/L.

**Kata Kunci:** Rotary Algae Biofilm Reactor (RABR), limbah cair tahu, simbiosis alga bakteri, kecepatan putaran disk.

### **ABSTRACT**

*Tofu liquid waste has a high organic matter content. This can lead to a decrease in water quality. Algae bacteria symbiosis is an alternative technology that is a solution in water treatment waste. Rotary Algae Biofilm Reactor (RABR), identified alternative bioreactor for industrial wastewater treatment with combination suspended growth system and attached growth on disk media. This research aims to study the effect of disk rotation speed and contact time in the RABR process to reduce organic levels of BOD and COD. The research was conducted by varying the rotation speed, namely 3 rpm, 5 rpm, and 7 rpm and contact time 0, 1, 3, and 5 days to set aside BOD and COD parameters in tofu waste. The results of the study showed the highest efficiency during the processing process in removing parameters, namely the variation of disk rotation speed of 7 rpm on the 5th day, with an efficiency of removing BOD 73.42% with an initial concentration of 737.4 being 196 mg/L and COD 70.64. % with an initial concentration of 981 mg/L to 288 mg/L.*

**Keywords :** Rotary Algae Biofilm Reactor (RABR), tofu liquid waste, algae bacteria symbiotic, disc speed rotation.

## 1. PENDAHULUAN

Tahu termasuk dalam kategori makanan yang banyak digemari hampir diseluruh lapisan masyarakat Indonesia yang dapat dikonsumsi secara basah atau kering. Tahu mempunyai kandungan protein yang tergolong tinggi yaitu sebesar 50%, kandungan lemak 27%, serta mengandung karbohidrat dan mineral dalam jumlah yang cukup (Yasin dkk., 2019). Kegiatan pada industri tahu didominasi oleh usaha kecil menengah dengan modal yang terbatas, sehingga sebagian besar pabrik tahu di Indonesia tidak memiliki fasilitas pengolahan limbah cair. Limbah cair yang berasal dari industri tahu diprediksi mencapai 20 juta meter kubik ( $m^3$ ) per tahun (Widayat dan Hadiyanto, 2015). Limbah cair tersebut memiliki kandungan bahan organik yang tinggi yaitu, *Biological Oxygen Demand* (BOD) 5643 – 6870 mg/l, *Chemical Oxygen Demand* (COD) 6870 – 10500 mg/l, dan P-Tot 80,5 – 82,6 mg/l yang menyebabkan kandungan *Dissolved Oxygen* (DO) dalam air menurun, sehingga memicu terjadinya eutrofikasi dan penurunan kualitas air yang membahayakan kesehatan makhluk hidup (Pradana dkk., 2018).

Salah satu proses pengolahan limbah untuk menguraikan senyawa organik dapat dilakukan dengan pengolahan biologi yaitu metode *Rotary Algae Biofilm Reactor* (RABR). RABR adalah sistem pengolahan biologi aerobik dengan menggunakan serangkaian disk berbentuk *circular* yang dipasang tegak lurus pada poros dan diputar dengan kecepatan yang telah disesuaikan. Kiran dkk., (2017) menyatakan bahwa RABR dengan kombinasi sistem *attached growth* dan *suspended growth* telah diidentifikasi sebagai bioreaktor alternatif untuk pengolahan air limbah industri berkekuatan tinggi. RABR dipilih dalam penelitian ini karena memiliki banyak keunggulan, diantaranya pengoperasiannya sederhana, konsumsi energi rendah, menghasilkan sedikit lumpur, dan perawatannya mudah (Firdaus dkk., 2020). Prinsip kerja reaktor ini didasari pada kecepatan putaran dan penggunaan media disk sebagai tempat melekatnya lapisan mikroorganisme (*biofilm*). Yun-lu dkk., (2012) menyebutkan bahwa kecepatan putaran media RBC adalah parameter yang sangat penting, dimana kecepatan rotasi dipertahankan untuk memberikan oksigen terlarut. Kecepatan putaran dan lamanya waktu kontak akan mempengaruhi efektifitas dalam pembentukan *biofilm* yang membantu dalam transfer oksigen dan nutrisi yang diperlukan mikroorganisme untuk pertumbuhannya (Laili dkk., 2014).

Pengolahan air limbah berbasis mikroalga dianggap sebagai metode yang menjanjikan untuk mengurangi pencemaran lingkungan (Li dkk., 2019). Salah satu mikroalga yang mempunyai kemampuan dalam menyerap nutrisi lebih baik dibandingkan spesies lainnya adalah *Chlorella sp.* (Liu dkk., 2012). *Chlorella sp.* menggunakan bahan organik yang ada pada limbah cair tahu untuk melakukan metabolisme sel, sehingga mampu untuk mereduksi polutan pada air limbah dengan persentase penyisihan COD 74 %, nitrat 60%, amonia 72 %, dan ortofosfat 82 % (Chaudhary dkk., 2018). Mikroalga dapat melakukan biosintesis sejumlah besar zat aktif seperti lipid, asam lemak, protein, dan karbohidrat, yang telah dianggap sebagai bahan baku *bio-resource* terbarukan yang penting dan menarik perhatian (Zheng dkk., 2021).

Pada RABR terjadi simbiosis antara mikroalga dan bakteri, dimana bakteri melakukan respirasi dengan menggunakan oksigen ( $O_2$ ) untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air limbah menjadi senyawa produk yang lebih stabil, seperti  $NO_3^-$ ,  $CO_2$ , dan  $PO_4$  (Andiese, 2011). Sementara mikroalga melakukan proses metabolisme sel dengan memanfaatkan produk-produk tersebut sebagai bahan baku dengan sumber energi yang diperoleh dari sinar matahari dan menghasilkan oksigen ( $O_2$ ) atau yang disebut sebagai proses fotosintesis, sehingga hal ini mampu menurunkan parameter pencemar air limbah. Simbiosis mutualisme antara mikroalga dan bakteri ini merupakan teknologi alternatif yang saat ini telah dikembangkan dan dijadikan solusi dalam pengolahan air limbah (Kartikasari dkk., 2020).

Berdasarkan uraian diatas, maka percobaan ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh kecepatan putaran dan waktu kontak pada proses *Rotary Algae Biofilm Reactor* (RABR) untuk penurunan kadar organik BOD dan COD menggunakan simbiosis bakteri dan mikroalga *Chlorella* sp. Serta analisis parameter jumlah sel, pH, suhu dan MLSS. Selain itu, diharapkan penelitian ini dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah cair industri tahu dengan sistem RABR menggunakan mikroorganisme.

## 2. METODE

### Lokasi dan Waktu Percobaan

Pelaksanaan penelitian yang dimulai dari tahap kultivasi sampai dengan percobaan utama dilakukan selama 2 bulan di laboratorium Pusat Penelitian Alga Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau.

### Peralatan dan Bahan Percobaan

Alat yang digunakan adalah RABR berukuran 30 cm × 30 cm × 30 cm, disk dengan bahan *acrylic* dengan diameter 12 cm sebanyak 15 buah, serta mikroskop cahaya, *cover glass*, *hand counter*, *thomacytometer*, *thermometer* dan pH meter. Bahan yang digunakan adalah mikroalga *Chlorella* sp. yang diperoleh dari Pusat Penelitian Alga Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, sampel limbah cair tahu, akuades, medium Dahril *Solution*, dan bahan kimia untuk analisis parameter.

### Prosedur Percobaan

#### Persiapan Peralatan

RABR yang didesain dengan tiga buah kolam kaca berdimensi 30cm × 30cm × 30cm. RABR direncanakan dapat mengolah limbah cair tahu dengan volume efektif air limbah 18 L. Reaktor untuk tiap-tiap perlakuan diberikan sumber cahaya matahari secara langsung. Media yang diperuntukkan sebagai tempat melekatnya mikroorganisme adalah media disk berbahan *acrylic* yang berupa piring (disk) tipis berbentuk lingkaran dengan diameter 12 cm yang dipasang berjajar. Kedalaman media disk pada penelitian ini adalah tetap yaitu 80% dengan tujuan untuk memaksimalkan pertumbuhan biomassa mikroalga *Chlorella* sp.

#### Preparasi Sampel Air Limbah

Limbah cair tahu sebagai media suspensi diambil dari industri tahu Jl. Cipta Karya, Kelurahan Tuah Karya, Kecamatan Tampan, Kota Pekanbaru. Sampel air limbah yang diambil telah diendapkan selama 4 jam (Rahmani, 2014). Pengendapan dilakukan dengan tujuan untuk mengoptimalkan penurunan kandungan organik dari RABR (Hendrasarie, 2013). Metode pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan SNI 6989.59.2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Pengambilan sampel limbah cair industri tahu dilakukan pada satu titik tempat pengambilan.

#### Kultivasi (Perbanyakan) Mikroalga *Chlorella* sp.

Tahap kultivasi dilakukan dengan memperbanyak mikroalga *Chlorella* sp. menggunakan medium Dahril *Solution* selama 7 (tujuh) hari. Perbanyakan Mikroalga *Chlorella* sp. dilakukan dengan menambahkan mikroalga *Chlorella* sp. 100 ml dan medium Dahril *Solution* sebanyak 400 ml ke dalam 3,5 L akuades. Pada penelitian ini sumber cahaya yang digunakan berasal dari cahaya matahari secara langsung. Tahap Perbanyakan mikroalga *Chlorella* sp.

dilakukan hingga pertumbuhan sel mikroalga *Chlorella* sp. berada pada fase eksponensial dan jumlah total kepadatan sel sebesar  $1 \times 10^6$  sel/ml. Perhitungan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. dilakukan setiap 1 x 24 jam menggunakan alat *thomacytometer* dan bantuan *cover glass* yang diamati di bawah mikroskop cahaya dengan *hand counter*.

**Aklimatisasi**

Pada aklimatisasi selain mikroalga juga terdapat bakteri *indigineous* yang berasal dari limbah cair tahu. Aklimatisasi dilakukan dengan cara mencampurkan mikroalga hasil dari kultivasi dalam medium limbah cair tahu secara bertahap pada reaktor dengan media disk yang diputar dengan kecepatan 4 rpm (Nurrahmadani, 2020). Tahap aklimatisasi dilakukan selama 12 hari dengan 2 (dua) tahap dalam volume kerja 18 L. Pada tahap awal aklimatisasi dilakukan dengan rasio 1:1 yaitu pencampuran 50 % (9 L) mikroalga hasil kultivasi dan 50% (9 L) limbah cair tahu, serta memasukkan media disk yang akan digunakan pada percobaan utama ke dalam proses aklimatisasi. Saat mikroorganisme telah mencapai fase pertumbuhan eksponensial, maka selanjutnya dilakukan tahap kedua aklimatisasi. Pada tahap kedua dilakukan dengan rasio 3:1 yaitu 75 % (13,5 L) mikroorganisme dari hasil aklimatisasi tahap 1 dan 25 % (4,5 L) limbah cair tahu. Untuk melihat kondisi lingkungan pada pertumbuhan mikroorganisme, maka pada tahap ini juga dilakukan pengukuran pH dan suhu.

**Percobaan Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan RABR**

Sampel LCT yang terdapat bakteri *indigineous* dan suspensi alga dimasukkan kedalam RABR yang sudah dilengkapi dengan media disk dengan variasi kecepatan putaran yaitu 3, 5, dan 7 rpm. Konsentrasi dari suspensi mikroalga yang dimasukkan dalam reaktor adalah tetap yaitu 25% dari volume kerja 18 L (18000 ml) yaitu 4,5 L (4500) ml. Berikut merupakan uraian dari variasi kecepatan putaran yang digunakan pada percobaan ini.

- a. Reaktor Kontrol (13500 ml limbah cair tahu + 4500 ml suspensi mikroalga, tanpa menggunakan media disk)
- b. Reaktor 1 (13500 ml limbah cair tahu + 4500 ml suspensi alga, dengan kecepatan putaran 3 rpm)
- c. Reaktor 2 (13500 ml limbah cair tahu + 4500 ml suspensi alga, dengan kecepatan putaran 5 rpm)
- d. Reaktor 3 (13500 ml limbah cair tahu + 4500 ml suspensi mikroalga, dengan kecepatan putaran 7 rpm)

**Analisis dan Pengolahan Data**

**Tabel 1. Metode Analisis Parameter Pencemar**

<b>Analisa</b>	<b>Metode</b>
Jumlah sel	<i>Thomacytometer</i>
pH	SNI 06-6989.11-2004
Suhu	<i>Thermometer</i>
MLSS	Gravimetri
BOD	SNI 6989.72-2009
COD	SNI 6989.73-2009

Persamaan yang digunakan untuk mengetahui efisiensi (%) penurunan parameter uji:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{C_{in} - C_{ef}}{C_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

$C_{in}$  = Konsentrasi Influen (mg/L)

$C_{ef}$  = Konsentrasi Effluen (mg/L)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Uji Pendahuluan Parameter Limbah Cair Tahu

Tabel 2 merupakan parameter *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) :

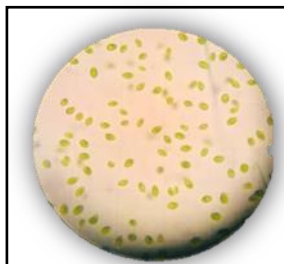
**Tabel 2. Hasil Uji Konsentrasi Parameter Limbah Cair Tahu**

Parameter	Hasil Uji (mg/L)		Baku Mutu (mg/L)*
	Sebelum Pengendapan	Setelah Pengendapan (4 jam)	
BOD	1375	756	150
COD	1968	984	300

Sumber: \*Permen LH No. 5 Tahun 2014

#### Kultivasi dan Aklimatisasi

Tahap kultivasi dilakukan dalam waktu 7 (tujuh) hari dan diperoleh kepadatan sel mikroalga yaitu  $1,24 \times 10^6$  sel/ml. Perhitungan jumlah sel mikroalga yang dilakukan setiap 24 jam sekali. Hal ini dikarenakan dalam waktu 1 x 24 jam sel mikroalga *Chlorella* sp. dapat berkembang menjadi 10.000 sel, dan cenderung dapat membelah diri hingga 3 (tiga) kali lipat setiap harinya (Salim, 2011). Proses aklimatisasi dilakukan secara bertahap agar mikroalga dapat menyesuaikan pada karakteristik limbah cair tahu, serta untuk memperlama waktu kontak antara mikroalga *Chlorella* sp. dan limbah cair tahu untuk memperoleh ketebalan *biofilm* pada media disk. Tahap aklimatisasi dilakukan selama 12 hari dengan jumlah kepadatan sel mikroalga berbasis suspensi adalah  $1,33 \times 10^6$  sel/ml dan berbasis *biofilm* adalah  $1,06 \times 10^6$  sel/ml. Hal ini menunjukkan bahwa pada tahap aklimatisasi sel mikroalga telah mencapai fase eksponensial yang ditandai dengan naiknya laju pertumbuhan sehingga kepadatan populasi mikroalga meningkat atau mencapai  $1 \times 10^6$  sel/ml (Kawaroe, 2010). Sehingga tahap ini dianggap selesai dan dilanjutkan tahap percobaan utama. Gambar 1 merupakan bentuk mikroskopis sel mikroalga *Chlorella* sp.



**Gambar 1. Gambar mikroskopis sel mikroalga *Chlorella* sp.**

Sumber : Hasil Penelitian, 2022

#### Pengaruh Kecepatan Putaran Disk Terhadap Pertumbuhan Sel Mikroalga *Chlorella* sp. Berbasis Suspensi

Kepadatan sel berbeda pada tiap variasi kecepatan putaran disk. Fase eksponensial tertinggi terjadi pada variasi kecepatan putaran 7 rpm di hari ke-5 dengan pertumbuhan sel mencapai  $2,11 \times 10^6$  sel/ml. Sedangkan fase eksponensial terendah terjadi pada kontrol tanpa disk dengan jumlah kepadatan sel yaitu  $1,56 \times 10^6$  sel/ml. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh kecepatan putaran terhadap pertumbuhan jumlah sel. Semakin cepat kecepatan putaran maka semakin tinggi pertumbuhan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. Kecepatan putaran yang terbaik adalah 7 rpm dibandingkan kecepatan putaran 3 rpm dan 5 rpm. Menurut Hendrasarie (2013) putaran media disk yang semakin cepat akan menghasilkan banyak oksigen dalam reaktor RABR, oksigen tersebut akan membantu proses metabolisme mikroorganisme pada saat pengolahan. Hal ini dikarenakan limbah cair tahu (LCT)

mengandung senyawa organik yang tinggi, dimana kandungan senyawa organik tersebut mengalami proses penguraian senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan mikroorganisme yang membutuhkan oksigen dalam jumlah besar untuk menghasilkan energi.

### **Pengaruh Kecepatan Putaran Disk Terhadap Pertumbuhan Sel Mikroalga *Chlorella* sp. Berbasis *Biofilm***

Kecepatan putaran disk pada RABR memiliki pengaruh penting pada ketebalan *biofilm* sekaligus pertumbuhan sel mikroalga *Chlorella* sp. (Orandi dkk., 2012). Menurut Laili dkk (2014) kecepatan putaran dan beban organik mempengaruhi tebal *biofilm* yang terbentuk pada permukaan media. Pada penelitian ini dapat diketahui bahwa perpindahan massa optimal terjadi pada kecepatan rotasi 7 rpm. Hal ini didukung oleh penelitian Rahmawati dan Hendrasarie (2018) bahwa pada biakan melekat, banyaknya *biofilm* dipengaruhi oleh transfer oksigen, dimana saat kecepatan putaran lebih besar maka akan berpengaruh kepada meningkatnya konsentrasi DO dalam reaktor. Sementara pada variasi 3 rpm dan 5 rpm kecepatan dinilai terlalu lambat sehingga menyebabkan terjadinya pengendapan biomassa. Menurut Gross dkk (2013) hal ini juga disebabkan karena terlalu lama kontak yang terjadi antara *biofilm* dengan udara sehingga *biofilm* cenderung kekurangan kelembabannya sehingga *biofilm* yang sudah terbentuk terlepas pada media. Gambar 2 merupakan *biofilm* mikroorganisme yang melekat pada media disk :



(a)

(b)

**Gambar 2. *Biofilm* Mikroorganisme pada Media Disk**

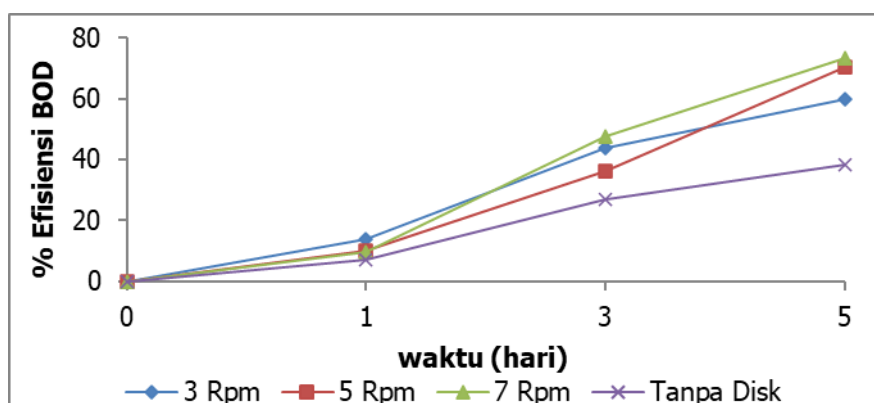
**(a) sebelum (b) sesudah**

*Sumber: Hasil Penelitian, 2022*

### **Pengukuran pH dan Suhu**

pH dan suhu faktor di cek secara rutin bersamaan dengan pengukuran parameter uji yaitu pada hari ke 0, 1, 3, dan 5. Derajat keasaman atau pH mempunyai pengaruh terhadap kelarutan dan ketersediaan ion mineral, sehingga mempengaruhi proses penyerapan nutrisi oleh sel (Gunawan, 2012). Hari ke-0 dan hari ke-1 pH medium masih dalam rentang 3,87 – 4,59. Hal ini dikarenakan limbah cair tahu yang bersifat asam yang juga mempengaruhi pertumbuhan sel mikroalga *Chlorella* sp. dimana kepadatan jumlah sel pada hari ke-0 dan ke-1 cenderung rendah dan mikroalga masih berada dalam fase lag. Pada hari ke - 2 hingga hari ke - 5 pH medium mengalami kenaikan hingga mencapai pH 8,4 pada hari ke-5. Sesuai penelitian Nurrahmadhani (2020) yang menyebutkan bahwa peningkatan pH yang terjadi selama proses pengolahan mengindikasikan bahwa sel mikroalga mengalami peningkatan, sehingga proses fotosintesis dan metabolisme sel mikroalga semakin meningkat. Setelah dilakukan pengukuran pH, dilanjutkan dengan pengukuran suhu medium selama proses pengolahan. Suhu medium selama proses pengolahan berkisar antara 26°C – 31°C, dimana pada percobaan ini suhu yang diperoleh berada dalam kisaran suhu optimum pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. yaitu 25 °C – 35 °C (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

### Pengaruh Kecepatan Putaran Disk Terhadap Konsentrasi dan Efisiensi Penyisihan BOD



Gambar 3. Grafik Efisiensi Penyisihan BOD Selama Proses Pengolahan

Berdasarkan gambar 3 menunjukkan efisiensi penyisihan BOD berbeda pada tiap reaktor yang terdiri dari variasi kecepatan putaran (3 rpm, 5 rpm, 7 rpm) dan reaktor kontrol tanpa media disk. Efisiensi penyisihan BOD tertinggi terdapat pada variasi kecepatan putaran disk 7 rpm yaitu 73,42% di hari ke-5 (lima) dengan konsentrasi awal 737,4 mg/l menjadi 196 mg/l, sedangkan efisiensi penyisihan terendah yaitu 38,23% terdapat pada reaktor kontrol tanpa disk dengan konsentrasi awal 758 mg/l menjadi 468,2 mg/l. Semakin tinggi kecepatan putaran maka efisiensi penyisihan BOD semakin meningkat, seiring dengan lamanya waktu kontak yaitu selama 5 hari. Hal ini dikarenakan pada hari ke-0 hingga hari ke-5, penyisihan BOD mengalami penurunan nilai konsentrasi yang menunjukkan bahwa variasi kecepatan putaran disk dan waktu kontak berpengaruh terhadap penyisihan kandungan BOD pada limbah cair industri tahu.

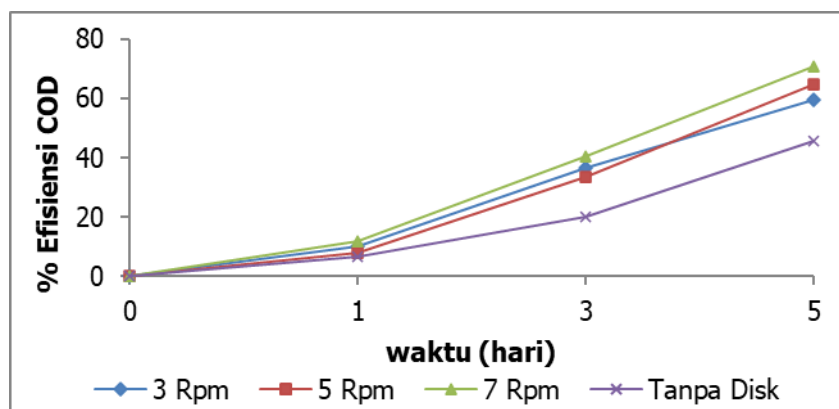
Nilai kandungan BOD dalam air limbah tahu disebabkan oleh tingginya senyawa organik seperti protein, karbohidrat, minyak dan lemak sehingga membutuhkan oksigen terlarut untuk proses dekomposisinya. Kecepatan 7 rpm pada penelitian ini dianggap sebagai kecepatan terbaik untuk menyisihkan kandungan BOD. Menurut Laili dkk (2014) bahwa kecepatan putaran yang lebih besar akan menjadikan transfer oksigen dari udara dalam air limbah menjadi lebih besar. Medium limbah cair tahu berupa cairan yang kental dengan konsentrasi pekat dan mengandung kadar organik yang tinggi, sehingga diperlukan kecepatan putaran yang sesuai agar turbulensi yang terjadi akibat putaran disk dapat membantu mikroorganisme untuk melakukan metabolisme secara optimal. Hal ini juga didukung oleh penelitian Rahmawati dan Hendrasarie (2019) yang menyatakan bahwa salah satu faktor penting dalam pembentukan *biofilm* adalah turbulensi yang dihasilkan dari kecepatan putaran disk yang mempengaruhi transfer oksigen secara langsung dari udara ke air di dalam reaktor. Efisiensi penyisihan BOD tertinggi terjadi pada hari ke-5, dimana waktu kontak antara air limbah dengan mikroorganisme dalam reaktor sangat berpengaruh terhadap efisiensi penurunan kandungan BOD pada limbah cair tahu. Hal ini sesuai penelitian Putri (2018) menyebutkan bahwa semakin lama waktu tinggal, maka kemampuan mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa organik pada air limbah semakin besar.

Penurunan nilai BOD pada penelitian ini terjadi karena adanya proses biodegradasi senyawa organik yang berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak oleh mikroalga *Chlorella p.* dan

bakteri *indigenous* yang terdapat dalam limbah cair tahu. Dalam proses ini, mikroalga dan bakteri berperan penting dalam siklus nutrisi dan penyisihan polutan melalui proses biosintesis dan metabolisme. Simbiosis mutualisme terjadi antara mikroalga dengan bakteri *indigenous* pada medium limbah. Oksigen (O<sub>2</sub>) dihasilkan oleh mikroalga dari proses fotosintesis dan kemudian dikonsumsi oleh bakteri, sedangkan bakteri menggunakan oksigen (O<sub>2</sub>) sebagai akseptor elektron untuk mengoksidasi senyawa organik yang ada di dalam air limbah menjadi senyawa produk stabil, seperti CO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, dan PO<sub>4</sub> yang dapat bertindak sebagai reagen pada proses fotosintesis dalam sel alga (Andiese, 2011).

### Pengaruh Kecepatan Putaran Disk Terhadap Konsentrasi dan Efisiensi Penyisihan COD

Pengukuran COD dilakukan untuk menghitung kadar organik *biodegradable* dan *non biodegradable* yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat. Berikut grafik efisiensi penyisihan COD pada limbah cair tahu:



Gambar 4. Grafik Efisiensi COD

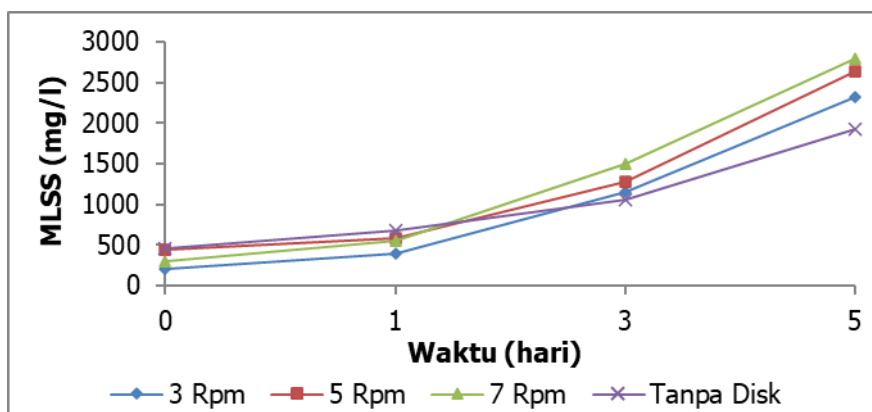
Berdasarkan grafik, menunjukkan bahwa penyisihan COD tertinggi terjadi pada hari ke-5 dengan rentang efisiensi setiap perlakuan yaitu 45,52% – 70,64%. Pada penelitian ini, penyisihan COD tertinggi terjadi pada variasi kecepatan putaran disk 7 rpm dengan tingkat efisiensi penyisihan sebesar 70,64%, dimana konsentrasi awal COD sebesar 981 mg/l menjadi 288 mg/l. Sementara pada perlakuan variasi kontrol tanpa media disk diperoleh efisiensi penyisihan COD terendah yaitu sebesar 45,52 % dengan konsentrasi awal yaitu 984 mg/l menjadi 536 mg/l pada hari ke-5. Hal ini menunjukkan bahwa variasi kecepatan putaran disk dan waktu kontak berpengaruh terhadap penyisihan kandungan COD pada limbah cair industri tahu. Semakin tinggi kecepatan putaran dan lamanya waktu kontak maka semakin tinggi efisiensi penyisihan COD yang dihasilkan.

Kecepatan putaran RABR merupakan pengaruh penting terhadap ketebalan *biofilm* karena memiliki dampak langsung terhadap transfer massa nutrisi dan gas pada *biofilm* (Orandi dkk., 2012). Efisiensi penyisihan tertinggi diperoleh pada kecepatan 7 rpm pada hari ke lima proses pengolahan. Hal ini dikarenakan pada kecepatan 7 rpm transfer oksigen meningkat dan pencampuran suspensi alga terhadap medium limbah cair tahu merata dengan baik, sehingga pertumbuhan sel terus mengalami peningkatan atau berada pada fase eksponensial yang lama. Penurunan konsentrasi COD dari hari ke-0 hingga hari ke-5 disebabkan adanya kontak antara limbah terhadap *biofilm* pada media disk yang berputar. Semakin lama waktu kontak antara limbah, mikroorganisme, dan udara maka akan menjadikan ketersediaan oksigen (O<sub>2</sub>) dalam medium meningkat, sehingga lapisan mikroorganisme pada *biofilm* akan lebih tebal dan dapat menurunkan konsentrasi kadar polutan pada sampel air limbah (Susilo dkk., 2016).

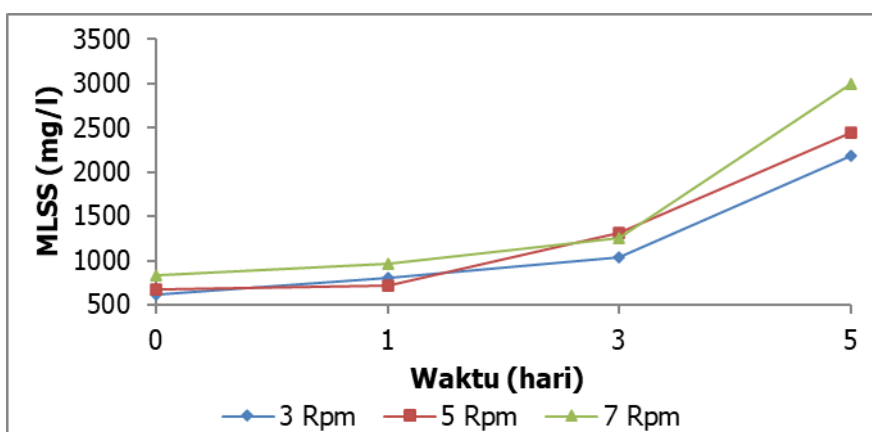


### Pengaruh Kecepatan Putaran Disk Terhadap Nilai *Mixed Liquor Suspended Solids* (MLSS)

MLSS yang diukur adalah MLSS pada proses biakan suspensi (*suspended growth*) dan melekat (*attached growth*). Berikut merupakan grafik konsentrasi MLSS yang diperoleh pada proses pertumbuhan suspensi dan *biofilm* (Gambar 5 dan 6):



Gambar 5. Grafik Konsentrasi MLSS Terhadap Pertumbuhan Sel Berbasis Suspensi



Gambar 6. Grafik Konsentrasi MLSS Terhadap Pertumbuhan Sel Berbasis *Biofilm*

Berdasarkan grafik pada gambar 5, nilai MLSS dengan pertumbuhan berbasis suspensi tertinggi diperoleh pada reaktor dengan variasi kecepatan putaran disk 7 rpm pada hari ke-5 yaitu 2800 mg/l, sedangkan konsentrasi MLSS terendah terdapat pada reaktor kontrol tanpa disk yaitu sebesar 1920 mg/l. Sama halnya dengan MLSS pertumbuhan berbasis suspensi, pada gambar 6, MLSS dengan pertumbuhan melekat diperoleh konsentrasi MLSS tertinggi pada perlakuan variasi kecepatan putaran 7 rpm dengan konsentrasi MLSS pada hari ke-5 yaitu 3000 mg/l, diikuti oleh variasi kecepatan putaran 3 rpm dan 5 rpm adalah 2180 mg/l dan 2440 mg/l. Jumlah sel *Chlorella* sp. pada reaktor dengan perlakuan variasi 7 rpm merupakan yang terbaik dibandingkan variasi 3 rpm dan 5 rpm, hal ini dikarenakan adanya kecepatan putaran disk yang mempengaruhi pertumbuhan sel mikroorganisme berbasis suspensi dan melekat. Jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. berbasis suspensi dan melekat serta keberadaan bakteri *indigenus* dapat meningkatkan konsentrasi MLSS dalam limbah cair tahu. Hal ini didukung oleh Waizh (2018) yang menyatakan bahwa dalam suatu sistem pengolahan semakin tinggi nilai konsentrasi MLSS maka terdapat lebih banyak bahan organik yang dioksidasi. Simbiosis mutualisme yang terjadi antara mikroalga *Chlorella* sp. dan bakteri

*indigenous* dapat meningkatkan jumlah sel mikroorganisme yang akan mempengaruhi efisiensi penyisihan kadar organik (Simatupang, 2017).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengolahan limbah cair tahu dengan Teknologi *Rotary Algae Biofilm Reactor* (RABR) menggunakan simbiosis alga bakteri dengan variasi kecepatan putaran disk dapat disimpulkan bahwa jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. tertinggi terjadi pada variasi kecepatan putaran 7 rpm dengan pertumbuhan suspensi dan melekat masing-masing yaitu  $2,11 \times 10^6$  sel/ml dan  $2,16 \times 10^6$  sel/ml. Perlakuan variasi kecepatan terbaik diperoleh pada kecepatan 7 rpm pada hari ke-5 dengan efisiensi penyisihan kadar BOD sebesar 73,42 % dengan konsentrasi akhir 196 mg/l dan COD sebesar 70,64 % dengan konsentrasi akhir 288 mg/l serta terjadinya peningkatan konsentrasi MLSS dari 1140 menjadi 5800 mg/l. Hal ini didukung oleh penelitian Rahmawati dan Hendrasarie (2018), bahwa saat kecepatan putaran lebih besar maka akan berpengaruh kepada meningkatnya konsentrasi DO dalam reaktor yang menyebabkan kemampuan mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa organik pada air limbah semakin besar. Variasi kecepatan putaran disk yang sesuai dapat membantu mikroorganisme untuk melakukan metabolisme sel secara optimal sehingga dapat menurunkan parameter pencemar pada air limbah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andiese, V.W. (2011). Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga dengan Metode Kolam Oksidasi. *Jurnal Infrastruktur*. Vol 1 (2) : 103-110
- Arifin, F. (2012). Uji Kemampuan *Chlorella* sp. Sebagai Biomediator Limbah Cair Tahu. Skripsi. UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang, Jawa Timur.
- Chaudhary R, Tong YW, & Dikshit AK. (2018). Kinetic Study of Nutrients Removal from Municipal Wastewater by *Chlorella Vulgaris* in Photobioreactor Supplied with CO<sub>2</sub>-enriched air. *Environmental Technology*. 41(5) : 617-626
- Elystia, S., Lestari, A.S., & Muria, S.R. (2019). Peningkatan Kandungan Lipid dan Biomassa Mikroalga *Scenedesmus* sp. dari Media Kultivasi Limbah Cair Tahu Sebagai Bahan Baku Biodiesel. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 5(2) : 19-28
- Firdaus, M.S., Suheerman, S.D.M., Ryansyah, M.H.D., & Sari, D.S. (2020). Teknologi dan Metode Pengolahan Limbah Cair Sebagai Pencegahan Pencemaran Lingkungan. *Barometer*. 5(1): 232-238
- Gross, M., Henry, W., Michael, C., & Wen, Z. (2013). Development of a Rotating Algae Biofilm Growth System for Attached Microalgae Growth with in situ biomass harvest. *Bioresource Technology*. 150: 195-201.
- Gunawan, G. (2012). Pengaruh Perbedaan pH pada Pertumbuhan Mikroalga Klas Chlorophyta. *Bioscientiae*. 9(2): 62.
- Haerun, R. (2017). Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Penambahan Efektif Mikroorganisme 4 dengan Sistem Up Flow. Skripsi. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Hendrasarie, N. (2013). Rotating Biological Contactor dengan Bentuk Cakram Bergerigi untuk Penyisihan Kandungan Organik COD pada Limbah Tahu. *Jurnal Teknik Sipil KERN*. Vol.3 (2) : 117-124

- Indah, L.S., Boedi, H., & Prijadi, S.(2014). Kemampuan Eceng Gondok, Kangkung Air, dan Kayu Apu dalam Menurunkan Bahan Organik Limbah Industri Tahu (Skala Laboratorium), *Management of Aquatic Resources Journal*. 3(1): 1-6
- Isnansetyo dan Kurniastuty. (1995). *Teknik Kultur Fitoplankton dan Zooplankton*. Kansius. Yogyakarta. 116 halaman.
- Istirokhatun, T., Aulia, M., & Utomo, S. (2017). Potensi *Chlorella* sp. untuk Menyisihkan COD dan Nitrat dalam Limbah Cair Tahu. *Jurnal Presipitasi:Media Komonukasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*. 14(2): 88
- Kartikasari., Bayu, I., Budiantoro, W., & Cendani, A.I. (2020). Efektifitas COD dan BOD pada Pengolahan Mikroalga dengan Penambahan CO<sub>2</sub> pada Limbah Domestik. *Seminar Nasional Teknologi Industri Hijau*. 3 Oktober 2019: 16-69
- Kawaroe. (2010). *Mikroalga Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2014). *Permen LHK No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta.
- Kiran, M., Pakshirajan, K., & Das, G. (2017). A New Application of Anaerobic Rotating Biological Contactor Reactor for Heavy Metal Removal Under Sulfate Reducing Condition. *Chemical Engineering Journal*. 321: 67-75.
- Kurnia, I. (2016). *Optimasi Pertumbuhan dan Hidrolisis Lignoselulosa dari Mikroalga *Chlorella Vulgaris* untuk Meningkatkan Kadar Glukosa Sebagai Bahan Baku Bioetanol*. Skripsi. Universitas Andalas. Padang.
- Laili, F.R., Susanawati, L.D., & Suharto, B. (2014). Efektivitas Rotating Biological Contactor Disc Datar dan Baling-Baling dengan Variasi Kecepatan Putaran pada Pengolahan Limbah Cair Tahu. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Liu, K., Li, J., Qiao, H., Lin, A., & Wang, G. (2012). Immobilization *Chlorella sorokiana* GXNN 01 in Alginate for Removal of N dan P from Synthetic Wastewater. *Bioresource Technology Journal*. 114:26-32
- Mardhatillah, A. (2021). *Pengaruh Kedalam Terendam Disk pada Proses Rotary Algae Biofilm Reactor (RABR) Menggunakan Mikroalga *Chlorella* sp. untuk Penyisihan COD, NH<sub>3</sub>, dan TSS Limbah Cair Domestik*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- Nurahmadhani, M., Shinta, E., & Sri, R.M. (2020). Pengaruh Kecepatan Putaran pada Proses RABR untuk Penyisihan COD Menggunakan Mikroalga *Chlorella* sp. pada Limbah Cair Domestik. *JOM FTeknik*. Vol 7 : 1-9.
- Orandi, S., Lewis, D.M., & Moheimani, N.R. (2012). Biofilm Establishment and Heavy Metal Removal Capacity of an Indigenous Mining Algal-Microbial Consortium in a Photo-Rotating Biological Contactor. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 39(9): 1321-1331.
- Pradana, T.D., Suharno., & Apriansyah. (2018). Pengolahan Limbah Cair Tahu untuk Menurunkan Kadar TSS dan BOD. *Jurnal Vokasi Kesehatan*. Vol 4 (2) : 56-62.
- Putri, L.K. (2018). Evaluasi Kinerja Sistem RBC di IPAL Lambung Mangkurat, Pengaruh Variasi Waktu Tinggal Terhadap Efisiensi Penurunan Kadar BOD. *Jurnal Purifikasi*. 18(2): 69-76.
- Rahmawati, U., dan Hendrasarie, N. (2019). Optimasi Bentuk Permukaan Disk Untuk Meningkatkan Transfer Oksigen Fisik di Rotating Biological Contactor. *Jurnal Envirotek*. Vol 9: (1).
- Simatupang, D., Restuhado, F., & Dahril, T. (2017). Pemanfaatan Simbiosis Mikroalga *Chlorella* sp. dan EM4 untuk Menurunkan Kadar Polutan Limbah Cair Sagu. *Jom Faperta*. Vol. 4 : No.1

- Susilo, F., Bambang, S., & Liliya, D.S. (2016). Pengaruh Variasi Waktu Tinggal Terhadap Kadar BOD dan COD Limbah Tapioka dengan Metode Rotating Biological Contactor. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*.
- Waizh, N.T. (2018). Pengaruh Densitas Alga dan Kedalaman Reaktor Terhadap Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Domestik the Effect of Algae Density and Depth of Reactor on the Removal of BOD dan COD from Domestic Wastewater. 2018:48.
- Wang, J., Linlan, Z., Xue, Q.X., Victor, M., Xiao, W., & Hong, Y.H. (2018). Microalgal Attachment and Attached Systems for Biomass Production and Wastewater Treatment. *Renewable and Sustainable Energy*. Vol 92: 331-342.
- Widayat & Hadiyanto. (2015). Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tahu untuk Produksi Biomassa Mikroalga *Nannochloropsis* sp. Sebagai Bahan Baku Biodiesel. *Jurnal Reaktor*. Vol 15 : 253 – 260.
- Yasin, U.A., Jemal, T.H. & Bilatu A.G. (2019). Physicochemical and Sensory Properties of Tofu Prepared From Eight Popular Soybean. *Scientific African*. Vol 6 : e00179.
- Zheng, S., Chen, S., Zou, S., Yan, Y., Gaos, G., He, M., Wang, C., Chen, H., & Wang, Q. (2021). Bioremediation of Pyropia-processing Wastewater Coupled with Lipid Production Using *Chlorella* sp. *Bioresource Technology*. 321.