

**Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Sistem *High Rate Algae Reactor* terhadap *Spesific Growth Rate* Mikroalga dan *Mixed Liquor Suspended Solid* dalam *Palm Oil Mill Effluent***

**Fauzy Isnandar<sup>1)</sup>, Shinta Elystia<sup>2)</sup>, Sri Rezeki Muria<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan

<sup>2)</sup>Dosen Teknik Lingkungan <sup>3)</sup>Dosen Teknik Kimia

Laboratorium Pencegahan dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan  
Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam,  
Pekanbaru 28293

[Fauzyfi17@gmail.com](mailto:Fauzyfi17@gmail.com)

**ABSTRACT**

*The stabilization pond system are used in almost all of palm oil mills in Indonesia. One of it disadvantages is that it disable to exploit the potential of microalgae. HRAR is a technology that is able to increase microalgae biomass, and with a consortium of microalgae-bacteria, the elimination of organic matter is increasing. This research aim by determined the effect of mixing velocity in the HRAR system towards the spesific growth rate of microalgae and mixed liquor suspended solid in POME. The research was carried out in batches for 7 days by using solar energy as a source of light. Mixing were operated 24 hours per day with by variations of mixing velocity was 16, 20, and 24 cm/sec. Based on the research results, the mixing velocity of 20 cm/sec was the best velocity for indigenous microalgae. The highest spesific growth rate of microalgae was 0,402/day and mixed liquor suspended solid values was 3625 mg/L .*

**Keywords:** *High Rate Algae Reactor (HRAR), Mixing, Microalgae, Palm Oil Mill Effluents (POME).*

**1. PENDAHULUAN**

Peningkatan jumlah pabrik minyak kelapa sawit menyebabkan Indonesia menjadi negara yang paling besar dalam produksi *Crude Palm Oil* (CPO). Produksi CPO membutuhkan air dalam jumlah besar. Satu ton CPO menghasilkan hingga 2,5 ton *palm oil mill effluent* (POME) (Rahadjo, 2009).

HRAR berbentuk kolam sirkuit yang dilengkapi komponen pengaduk berupa *paddle wheel* dan diberi *baffle* pada bagian tengah kolam untuk mengatur aliran sekitar putaran yang dilakukan secara terus menerus (Hadiyanto, 2012). Teknologi HRAR ini mampu mengolah limbah cair dengan memanfaatkan nutrien yang terdapat dalam limbah cair untuk mendukung pertumbuhan mikroalga (Faleschini,

2012). HRAR memerlukan proses *mixing* karena agar nutrisi dan mikroorganisme tercampur merata, untuk menghindari terjadinya pengendapan mikroalga di sebagian sisi pada kolam, serta sebagai pencampur udara agar lebih cepat terdifusi ke dalam medium (Assemany, 2015).

Kultur mikroalga di dalam limbah cair sudah banyak dilakukan penelitiannya pada limbah cair perkotaan, industri, dan agrikultur untuk mendapatkan potensi mikroalga dalam menyisihkan nitrogen, fosfor, karbon, dan residu lainnya dalam limbah cair. Kultur mikroalga di dalam reaktor terbuka menggunakan limbah cair mempunyai nilai yang ekonomis, karena menggabungkan dua proses penting, yaitu pengolahan limbah cair dan produksi biomassa yang dijadikan bahan baku biodiesel (Guldhe dkk., 2017).

*Specific growth rate* (SGR) menunjukkan kecepatan pertumbuhan sel mikroalga per satuan waktu. SGR akan berbanding lurus dengan pertumbuhan, karena dengan laju pertumbuhan yang tinggi akan menunjukkan nilai pertumbuhan mikroalga yang tinggi (Adelina, 2019).

*Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS) dapat mengindikasikan jumlah biomassa mikroorganisme dalam reaktor. MLSS menunjukkan jumlah total padatan yang tersuspensi yang

berupa material organik dan mineral, termasuk di dalamnya mikroorganisme yang tersuspensi dalam air limbah (Slamet, 2016).

Menurut Borowitzka (2013) umumnya kecepatan *mixing* yang digunakan dalam HRAR antara 15 hingga 30 cm/detik. Semakin tinggi kecepatan *paddle* yang digunakan maka tingkat pertumbuhan mikroalga akan semakin berkurang. Kecepatan yang tinggi akan merusak mikroalga, sedangkan kecepatan yang rendah berpotensi sedimentasi (Chen dkk., 2016). Penelitian ini perlu dilakukan untuk mendapatkan kecepatan *mixing* terbaik terhadap pertumbuhan biomassa mikroalga.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

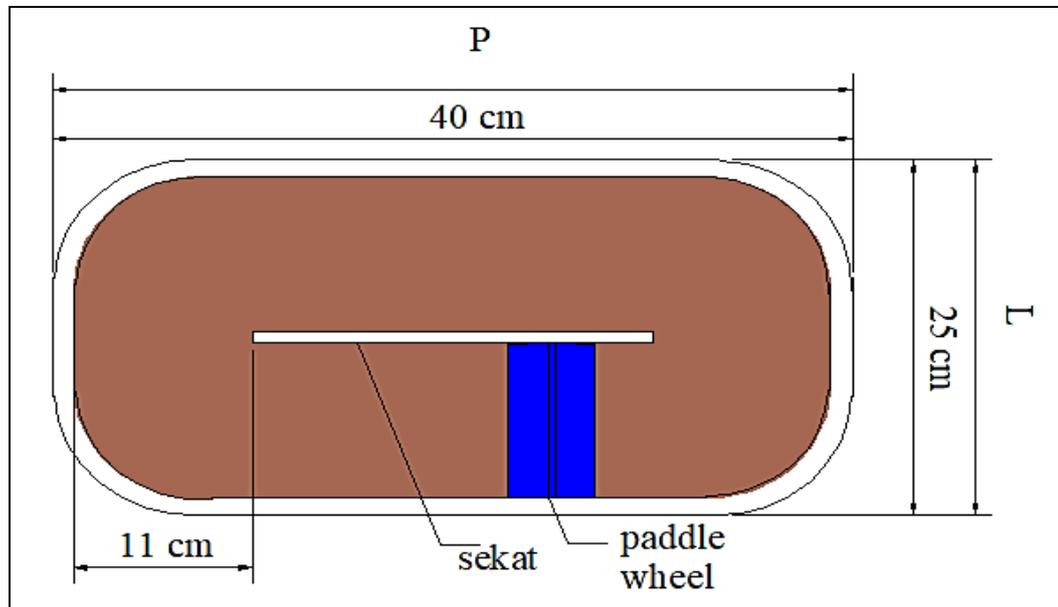
### 2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu:

1. *High Rate Algae Reactor* (HRAR) berukuran 40 x 25 x 30 cm
2. *Paddle wheel* berdiameter 18 cm dengan 4 buah *blade*
3. Motor pengaduk
4. Alat penunjang berupa mikroskop, thomositometer dan *hand counter*.

Medium yang digunakan untuk pertumbuhan mikroalga dalam HRAR adalah limbah cair industri sawit PT. X Riau, tepatnya inlet kolam keempat. Mikroalga yang digunakan didapat dari kolam (*indigenous*). Mikroalga kemudian dikultivasi pada medium BBM.

### 2.1.1 Desain Alat



Gambar 1. Desain HRAR Tampak Atas

## 2.2 Prosedur Penelitian

### 2.2.1 Preparasi POME

Limbah cair industri sawit diambil sebanyak 60 Liter dan ditampung dalam dua buah jerigen bervolume 30 L. Air limbah sebelumnya disaring dahulu untuk menyingkirkan partikel dan pasir yang berukuran besar. Sampel limbah kemudian dibawa ke laboratorium.

### 2.2.2 Preparasi Mikroalga

Penelitian ini memerlukan suspensi mikroalga total sebanyak 12 L. Mikroalga diambil menggunakan *plankton net* sebanyak 400 mL. Kultivasi dilakukan menggunakan medium BBM. Sebanyak 400 mL suspensi mikroalga dibiakkan dalam 3600 mL medium yang terdiri dari 230 mL BBM dan 3370 mL POME dan diaerasi kontinu selama 7 hari.

### 2.2.3 Percobaan Utama

Penelitian berlangsung selama 7 hari yang dilakukan secara *batch*. Pencapaian dilakukan dengan memanfaatkan sinar matahari. Variasi yang dilakukan yaitu kecepatan pengadukan *paddle* yang divariasikan menjadi 16, 20, dan 24 cm/detik. Setiap reaktor ditambahkan suspensi mikroalga sebanyak 25% dari volume total. Volume total dalam reaktor 15 L dengan komposisi 25% mikroalga dan 75% medium POME. *Mixing* menggunakan *paddle* dilakukan kontinu 24 jam. Pengukuran SSG dilakukan setiap hari sedangkan MLSS dilakukan pada hari 0, 1, 3, 5, dan 7 penelitian.

### 2.2.4 Perhitungan Analisa SGR dan MLSS

*Spesific growth rate* mikroalga dihitung dengan rumus (Kawaroe, 2015):

$$k = \frac{\log \frac{N_t}{N_0}}{T_t - T_0} \times 3,22 \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

- k = SGR /hari
- N = jumlah mikroalga
- To = Waktu awal
- Tt = Waktu pengamatan
- 3,22 = konstanta

*Mixed liquor suspended solid* dihitung menggunakan rumus (Standard Method 2540, C) :

$$MLSS \text{ (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume sampel}} \dots (2)$$

dimana :

- A = berat cawan dan kertas saring berisi residu setelah dioven 105°C (mg)
- B = berat cawan dan kertas saring setelah dioven 105°C (mg)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah sel mikroalga awal yang ditambahkan ke dalam masing-masing reaktor berjumlah  $3 \times 10^6$  sel/mL. Homogenisasi jumlah sel

mikroalga dilakukan di dalam wadah berukuran 20 L. Kecepatan pengadukan yang dilakukan pada penelitian ini divariasikan menjadi 16, 20, dan 24 cm/detik. Tabel 1 disajikan data jumlah sel mikroalga yang dihitung mulai hari 0 hingga hari ke 7 penelitian.

Tabel 1 Jumlah Sel Mikroalga

Hari	(x10 <sup>6</sup> ) sel/mL		
	A	B	C
0	3,29	3,22	3,37
1	3,3	3,73	3,57
2	3,71	3,79	3,6
3	3,75	3,84	3,74
4	4,52	5,12	4,78
5	5,16	6,12	5,64
6	2,39	4,36	2,62
7	0,78	1,45	0,89

A=16 cm/detik, B=20 cm/detik, C=24 cm/detik

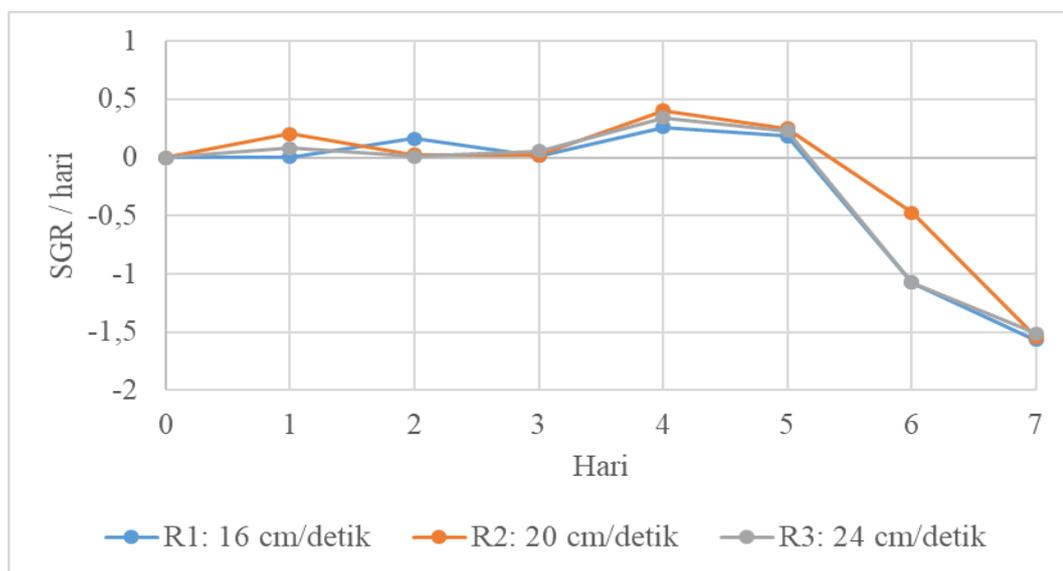
Berdasarkan Tabel 1, hasil data tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai SGR. Tinggi atau rendahnya kecepatan pengadukan menunjukkan hasil yang berbeda terhadap laju pertumbuhan mikroalga. Hasil perhitungan nilai SGR dapat dilihat pada Tabel 2. Grafik pengaruh variasi kecepatan pengadukan terhadap SGR dapat dilihat pada gambar 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai SGR

	0	1	2	3	4	5	6	7
	( /hari )							
16 cm/detik	-	0,004	0,164	0,015	0,261	0,185	-1,076	-1,566
20 cm/detik	-	0,206	0,022	0,018	0,402	0,249	-0,474	-1,540
24 cm/detik	-	0,081	0,012	0,053	0,343	0,231	-1,072	-1,510

Tabel 2 menunjukkan nilai SGR yang menggunakan persamaan (2). Dapat dilihat bahwa pada hari ke 1 hingga hari ke 3 penelitian nilai SGR tiap reaktor cenderung tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh mikroalga yang belum mengalami fase peningkatan laju pertumbuhan sehingga jumlah sel mikroalga tidak

jauh berbeda (Kawaroe, 2015). Jumlah sel mikroalga tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. SGR mengalami peningkatan yang signifikan pada hari ke 4 dan turun kembali pada hari ke 5 hingga hari 7 penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa laju pertumbuhan mikroalga tertinggi terdapat pada hari ke 4 penelitian.



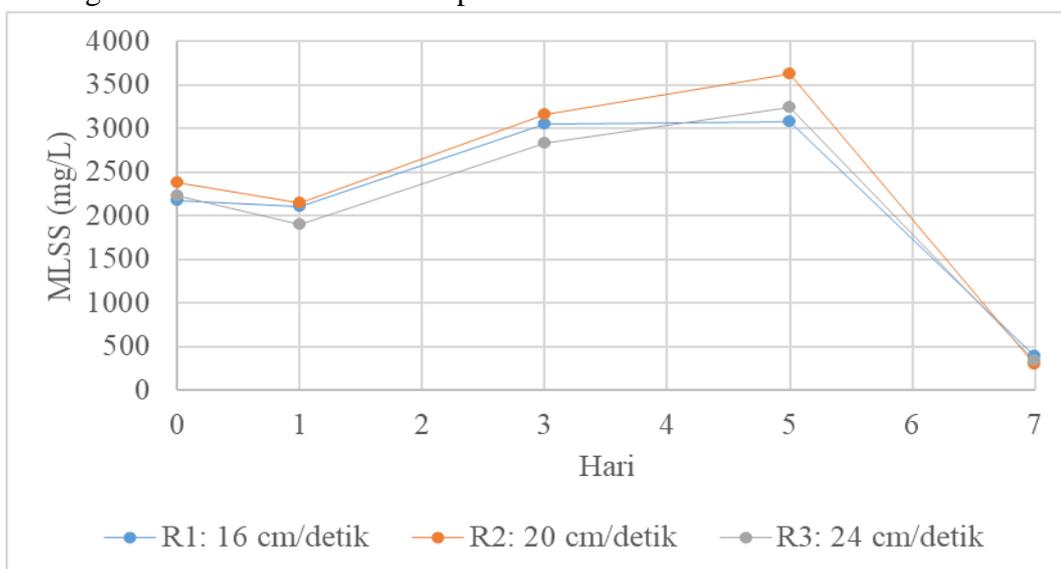
Gambar 2. Grafik Hubungan Kecepatan Pengadukan Terhadap SGR

Gambar 2 menunjukkan bahwa laju pertumbuhan mikroalga tertinggi terdapat pada variasi kecepatan pengadukan 20 cm/detik dengan nilai SGR 0,402/hari pada hari ke 4. Nilai SGR tersebut menunjukkan pada hari ke 4 mikroalga tumbuh yang paling optimal. Kawaroe (2015), melakukan penelitian kultivasi mikroalga *Nannochloropsis* sp. menggunakan penambahan hidrolisat singkong juga menunjukkan hasil bahwa SGR tertinggi terdapat pada hari ke 4

penelitian. Kecepatan pengadukan 20 cm/detik mengindikasikan bahwa pada kecepatan tersebut mikroalga indigen mengalami pertumbuhan yang optimal. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan 20 cm/detik lebih baik dibandingkan dengan kecepatan 16 dan 24 cm/detik. Kecepatan pengadukan yang tepat mampu meningkatkan penetrasi cahaya, penyeragaman nutrien, dan suplai udara, (Chisti, 2013).

Konsentrasi MLSS tertinggi terdapat pada kecepatan 20 cm/detik di hari ke 5 dengan konsentrasi MLSS 3625 mg/L. Peningkatan MLSS mulai terjadi pada hari ke 3 hingga hari ke 5, mengindikasikan bahwa sedang terjadi peningkatan biomassa mikroorganisme di dalam reaktor. Mikroorganisme tersebut meningkat karena sudah mampu

memanfaatkan bahan organik dan mineral yang terkandung di dalam medium POME PT.X Riau. Mikroorganisme yang semakin banyak dihitung sebagai kandungan suspensi dalam medium (Waizh, 2018). Grafik hubungan kecepatan pengadukan terhadap MLSS dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Kecepatan Pengadukan Terhadap MLSS

MLSS pada penelitian ini dapat mengindikasikan jumlah biomassa mikroalga dalam reaktor. MLSS menunjukkan jumlah total padatan yang tersuspensi yang berupa material organik dan mineral, termasuk juga di dalamnya mikroorganisme yang tersuspensi dalam air limbah (Slamet, 2016). Penurunan MLSS pada hari ke 7 menunjukkan bahwa bahan organik dan mineral telah menipis, dan mikroalga pun mengalami fase kematian sehingga konsentrasi MLSS menurun drastis. Penurunan

MLSS ini dapat dilihat dari fisik medium dalam reaktor yang mulai jernih. Mikroalga yang mati memiliki bentuk yang tidak utuh, lisis (pecah), berwarna pudar, dan mengendap di dasar (Kusuma dan Zulaika, 2014).

#### 4. KESIMPULAN

Reaktor dengan kecepatan 20 cm/detik menunjukkan bahwa *Specific Growth Rate* Mikroalga tertinggi terdapat pada hari ke 4 penelitian dengan nilai 0,402/hari dan *Mixed Liquor Suspended Solid* tertinggi 3625 mg/L.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Adelina, (2019). Kultivasi Mikroalga Menggunakan Media Af6 Berdasarkan Perbedaan Volume Solution A Media Af6. *Jom Fteknik*. 6, Edisi 1
- Assemany, P.P, dkk. (2015). Algae/Bacteria Consortium in High Rate Ponds: Influence of Solar Radiation on the Phytoplankton Community. *Ecological Engineering*, Vol. 77, 154–162.
- Borowitzka, M.A. dan Moheimani, N.R. (2013). *Algae for Biofuels and Energy*. Perth: Murdoch University.
- Chen, Zhijie, dkk. (2016). Light/Dark Cycle Of Microalgae Cells In Raceway Ponds: Effects Of Paddlewheel Rotational Speeds and Baffles Installation. *Bioresource Technology*, 219, 387-391.
- Chisti, Y. (2013). Raceways-Based Production Of Algal Crude Oil, In: C. Posten, C. Walter (Eds.), *Microalgal Biotechnology*, de Gruyter. Berlin. 195-216
- Faleschini, M., Esteves, J. L., dan Valero, M. C., (2012). The Effects Of Hydraulic And Organic Loadings On The Performance Of A Full-Scale Facultative Pond In A Temperate Climate Region (Argentine Patagonia). *Water, Air, & Soil Pollution*. 233, 2483-2493.
- Guldhe, A. dkk. (2017). Heterotrophic Cultivation Of Microalgae Using Aquaculture Wastewater: A Biorefinery Concept For Biomass Production And Nutrient Remediation. *Ecology Engineering*. 99, 47.
- Hadiyanto, (2012). *Mikroalga Sumber Pangan Dan Energi Masa Depan Edisi Pertama*. UPT Undip. Semarang
- Kawaroe, M. (2015). Kepadatan dan Laju Pertumbuhan Spesifik *Nannochloropsis* Sp. pada Kultivasi Heterotropik Menggunakan Media Hidrolisat Singkong. *Omniakuatika*. 11(2):15-19
- Kusuma, dan Zulaika. 2014. Potensi *Chlorella* Sp Sebagai Bioakumulator Logam Berat Cadmium. *Jurnal Sains*. 3, No.2
- Rahardjo, P.N. (2009). Studi Banding Teknologi Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol.10, No.1, 09-18.
- Slamet, Agus. (2016). Peningkatan Fungsi Boezem Morokrembangan Sebagai Pengolah Air Limbah Perkotaan Menggunakan Sistem Alga-Bakteri. *Disertasi*, Bidang Keahlian Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya.
- Waizh, N. T. (2018). Pengaruh Densitas Alga Dan Kedalaman Reaktor Terhadap Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Domestik. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1-12.