

PENGARUH DENSITAS ALGA DAN KEDALAMAN REAKTOR TERHADAP PENURUNAN BOD & COD LIMBAH CAIR DOMESTIK

THE EFFECT OF ALGAE DENSITY AND DEPTH OF REACTOR ON THE REMOVAL OF BOD & COD FROM DOMESTIC WASTEWATER

Nada Tsusayya Waizh

ntsusayyawaizh95@gmail.com

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

ABSTRAK

Air limbah domestik yang mengandung zat organik berlebih dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Kajian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh densitas alga dan kedalaman reaktor terhadap penyisihan kadar Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD) pada limbah domestik menggunakan sistem pengolahan alga reaktor. Dalam pelaksanaan penelitian ini menggunakan alga reaktor dengan kedalaman 15 cm dan 25 cm pada volume reaktor yang sama. Densitas awal alga divariasikan pada masing-masing reaktor yaitu 0,4 mg/L klorofil-a dan 0,5 mg/L klorofil-a. Penelitian ini juga dilakukan penambahan gas CO₂ dengan laju 0.2 L/menit pada tiap reaktor. Sampel limbah yang digunakan berasal dari effluent Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Mendirol, Yogyakarta. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan kemampuan alga reaktor dengan kedalaman 15 cm dan densitas awal 0,5 mg/L klorofil-a dapat menyisihkan kadar BOD dan COD sebesar 60% dan 64,8 %.

Kata Kunci: Alga, BOD, COD, densitas alga, kedalaman reaktor

ABSTRACT

Excess organic matter in domestic wastewater can cause environmental pollution. The purpose of this research is to evaluate the effect of algae density and depth of reactor to removal of Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) in domestic wastewater using algae reactor treatment system. During this research, using algae reactor with a depth of 15 cm and 25 cm at the same total volume of reactor. The initial algae density on each reactor is 0,4 mg/L chlorophyll-a and 0,5 mg/L chlorophyll-a. This research also conducted by addition of CO₂ 0,2 l/minutes in each reactor. The wastewater samples used from effluent of Mendirol Communal Wastewater Treatment Plant, Yogyakarta. Based on this research results showed the ability of algae reactor with a depth of 15 cm and density of 0.5 mg / L chlorophyll-a can reduce of BOD and COD were 60% and 64.8%.

Keywords: Algae, algae density, BOD, COD, depth of reactor

I. PENDAHULUAN

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Abdel-Raouf, dkk (2012) limbah domestik yang dilepaskan ke lingkungan mengandung konsentrasi zat organik dan anorganik yang tinggi. Teknologi pengolahan air limbah yang terdapat di Indonesia masih menggunakan pengolahan secara konvensional yaitu menggunakan pengolahan fisik dan kimia. Namun, dalam proses tersebut masih menunjukkan beberapa keterbatasan teknis maupun ekonomi yang disebabkan kebutuhan energinya yang tinggi dan penurunan nutrient rendah (de Godos *et al.*, 2010). Oleh karena itu

alternatif pengolahan air limbah domestik yang ramah lingkungan dan mampu mengatasi keterbatasan tersebut yaitu menggunakan sistem alga-bakteri.

Hight Rate Algae Reactor (HRAR) merupakan sistem pengolahan limbah berdasarkan hubungan simbiosis antara alga dan bakteri heterotropik yang tinggal dalam suatu kolam (Muñoz dan Guieysse, 2006). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Malla dan Khan, dkk (2015) menunjukkan efisiensi removal BOD dan COD dalam pengolahan limbah perkotaan menggunakan alga jenis *Chlorella minutissima* sebesar 31% dan 27%. Penelitian lain yang dilakukan oleh Chandra dan Usha, dkk (2016) penurunan BOD dan COD sebesar 82% dan 75%.

Alga membutuhkan nitrogen, fosfor, CO₂ dan cahaya untuk pertumbuhannya. Proses penyerapan CO₂ oleh mikroalga terjadi pada saat fotosintesis, dimana CO₂ digunakan untuk reproduksi sel-sel tubuhnya. Pada proses fotosintesis tersebut selain memfiksasi gas CO₂, juga memanfaatkan nutrient yang ada dalam badan air (Wood, 2005).

Pertumbuhan mikroalga juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan antara lain: intensitas cahaya, kedalaman media kultur, sirkulasi udara, serta kandungan nutrient media pertumbuhan (Lilly, 2002). Mikroalga membutuhkan cahaya sebagai energi dalam reaksi fotosintesis dan sintesis sel. Oleh karena itu semakin banyak cahaya yang masuk, maka akan meningkatkan densitas alga. Jika kedalaman media kultur lebih dangkal, maka cahaya yang tersedia lebih banyak, tetapi jumlah nutrient yang tersedia lebih sedikit. Konsekuensinya, nutrient mudah berkurang dan total biomassa yang dihasilkan menjadi rendah. Peningkatan kedalaman media kultur akan meningkatkan jumlah dari biomassa karena volume media kultur lebih besar dan lebih banyak nutrient yang tersedia untuk pertumbuhan (Sumardiyono, 2012).

II. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian BOD yang menggunakan acuan SNI 06-6989.14-2004 dan SNI 6989.72-2009 untuk COD menggunakan acuan SNI 06-6989.2-2004. Selain itu dilakukan juga pengujian untuk parameter kualitas air yang menjadi variabel tambahan yaitu klorofil a, MLSS, intensitas cahaya (lux), suhu, DO, dan pH.

Tabel 1 Pengujian Kualitas Air

No	Parameter	Alat yang Digunakan	Satuan
1.	pH	pH indikator universal	-
2.	DO	Titrasi	mg/L
3.	Suhu	Termometer	°C

4.	Intensitas Cahaya	Luxmeter	lux
----	-------------------	----------	-----

Proses *running* dilakukan selama 14 hari. Selama penelitian, digunakan 6 buah reaktor dengan variasi densitas alga dan kedalaman alga reaktor seperti pada tabel berikut:

Tabel 2 Variasi Variabel dalam Masing-masing Reaktor Penelitian

Perlakuan	K 25	T 25	R 25	K 15	T 15	R 15
Densitas (mg/L)	0	0,5	0,4	0	0,5	0,4
Kedalaman (cm)	25	25	25	15	15	15
CO ₂ (L/menit)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Keterangan:

K 25: Kontrol, Kedalaman 25 cm

T 25: Densitas Tinggi, Kedalaman 25 cm

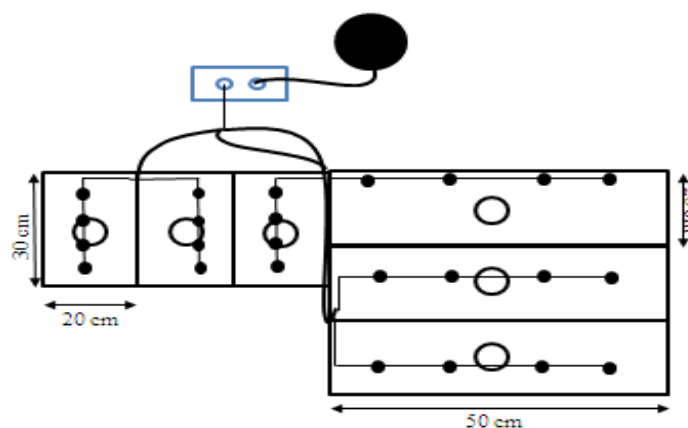
R 25: Densitas Rendah, Kedalaman 25 cm

K 15: Kontrol, Kedalaman 15 cm

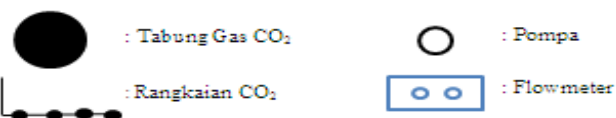
T 15: Densitas Tinggi, Kedalaman 15 cm

R 15: Densitas Rendah, Kedalaman 25 cm

Dalam penelitian ini menggunakan reaktor dengan sistem batch. Reaktor memiliki kapasitas 15 liter dengan luasan penampang yang berbeda, dikarenakan faktor kedalaman air yang berbeda tetapi dengan total volume yang sama. Berikut dari gambar reaktor yang digunakan:



Keterangan:



Gambar 1 Reaktor Alga

2.2 Seeding dan Aklimatisasi

Seeding dan aklimatisasi terlebih dahulu dilakukan agar mendapatkan alga yang siap digunakan dalam proses running. Proses *seeding* dan aklimatisasi dilakukan selama 2 minggu dengan mengamati kerapatan sel alga. Pada *seeding* dan aklimatisasi ini didapatkan 10×10^6 sel/mL pada bak pertama dan $7,6 \times 10^6$ sel/mL pada bak kedua pada hari ke duabelas. Jika sudah berwarna hijau pekat dan jumlah sel alga mencapai 6×10^6 sel/mL, alga siap dikombinasikan dengan bakteri dan di running pada air limbah (Mulyanto dan Titin, 2015).

2.3 Analisis Data

Dalam analisis korelasi yang dicari adalah koefisien korelasi yaitu angka yang menyatakan derajat hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen atau untuk mengetahui kuat atau lemahnya hubungan antara variabel independen dan variabel dependen.

$$R = \frac{n(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\sqrt{(n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2)(n(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2)}}$$

Menurut Sugiyono (2012) untuk dapat memberikan penafsiran besar kecilnya koefisien korelasi, dapat berpedoman pada ketentuan tabel berikut ini:

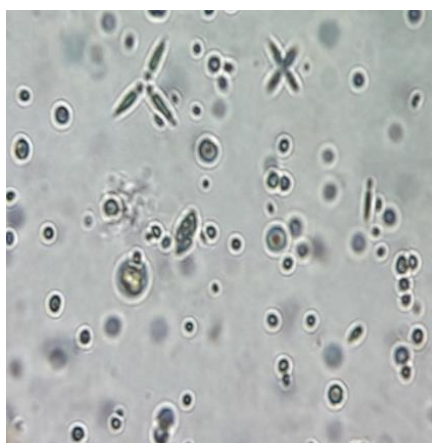
Tabel 3 Pedomen Interpretasi Terhadap Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Alga

Sumber alga yang digunakan dalam penelitian ini adalah alga yang didapat dari kolam fakultatif IPLT (Instalasi Pengelolaan Limbah Tinja) Sewon, Bantul, Yogyakarta yang kemudian dianalisis untuk mengetahui jenis alga. Berdasarkan identifikasi mikroskopik, ditentukan alga dengan ciri-ciri morfologi sel berbentuk bulat, diameter selnya berkisar antara 2-10 μm , berwarna hijau pada intinya yang menunjukkan parietal tunggal kloroplas (hal ini menunjukkan klasifikasi ganggang hijau), dan dinding selnya keras yang terdiri dari selulosa dan pektin, serta mempunyai protoplasma yang berbentuk cawan (Bellinger dan David, 2010).



Gambar 2 Hasil pengamatan *Chlorella sp.*

3.2 Analisis Klorofil-a

Konsentrasi klorofil-a dapat dilihat dari tabel 4 terus mengalami kenaikan pada setiap pengujian. Peningkatan konsentrasi klorofil-a menunjukkan bahwa alga tumbuh dengan baik. Reaktor kedalaman 25 cm mempunyai nilai konsentrasi klorofil-a lebih besar dibandingkan dengan reaktor kedalaman 15 cm. Hal ini menunjukkan bahwa kedalaman cairan media alga dalam reaktor berpengaruh terhadap densitas

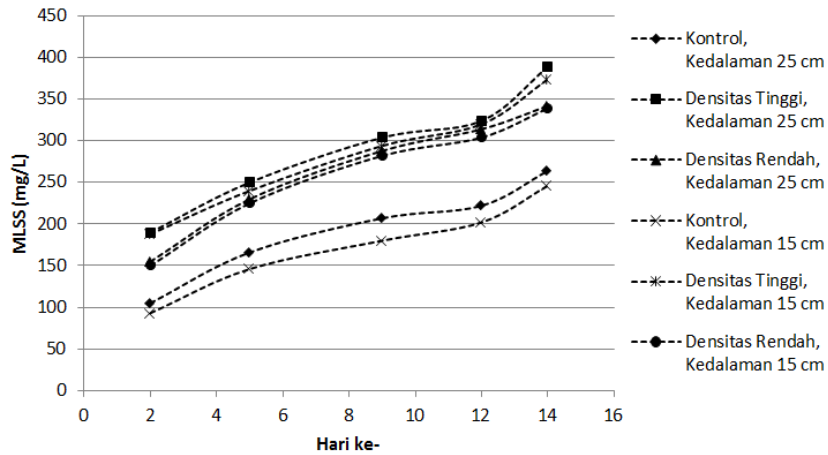
Tabel 4 Data Hasil Pengujian Klorofil-a

Hari ke -	T 25	R25	T 15	R 15
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
1	0.61	0.45	0.55	0.48
2	0.71	0.45	0.64	0.53
5	0.83	0.59	0.74	0.57
9	0.93	0.72	0.88	0.65
12	0.98	0.79	0.97	0.68
14	1.43	0.89	1.28	0.71

alga. Jika kedalaman media kultur lebih dangkal, maka cahaya yang tersedia lebih banyak. Apabila sel mikroalga dikenai cahaya yang berlebih, fotosintesis akan terhambat, dengan demikian akan mempengaruhi penurunan tingkat pertumbuhan sel alga (Sumardiyono, 2012).

3.3 Analisis MLSS

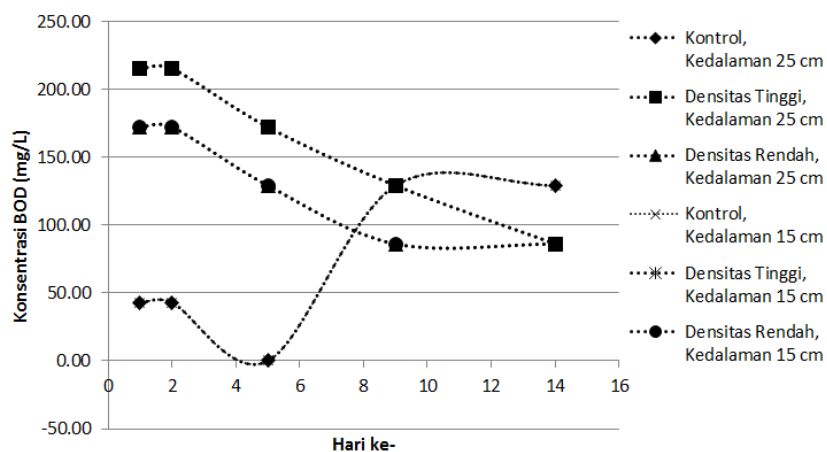
MLSS menunjukkan jumlah biomassa yang dihasilkan dari pengolahan air limbah kombinasi simbiosis alga dengan bakteri pada reaktor. Berdasarkan grafik konsentrasi MLSS pada tiap reaktor mengalami peningkatan. Peningkatan nilai MLSS dipengaruhi oleh banyaknya bahan organik yang dioksidasi. Semakin banyak jumlah bahan organik yang dioksidasi menyebabkan makin meningkat pula konsentrasi MLSS yang ada pada reaktor. Selain itu, konsentrasi MLSS juga dipengaruhi oleh konsentrasi klorofil-a (Septiani, 2014).



Gambar 3 Konsentrasi MLSS saat *running*

3.4 Analisis BOD

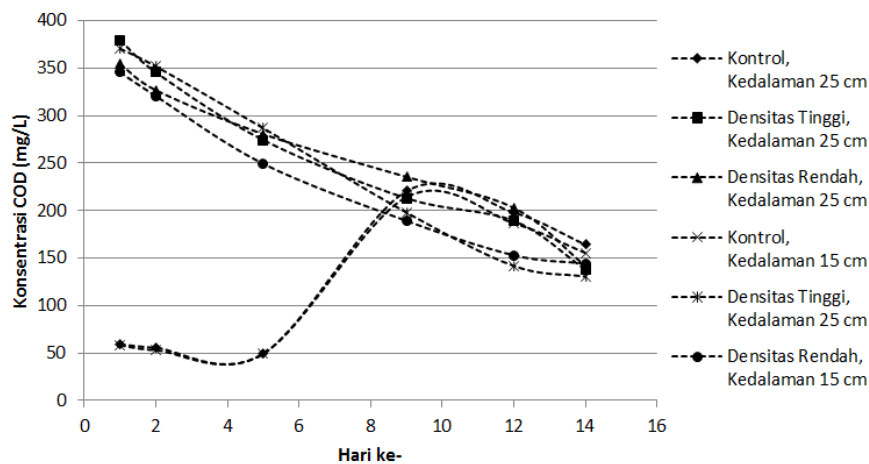
Pada grafik **Gambar 4** menunjukkan nilai konsentrasi BOD mengalami penurunan pada reaktor alga-bakteri. Penurunan konsentrasi BOD pada reaktor dengan densitas awal 0,5 mg/L klorofil-a baik kedalaman 15 cm dan 25 cm menunjukkan nilai yang sama. Namun, pada densitas alga yang lebih tinggi dapat menurunkan kadar BOD lebih baik. Hal ini sesuai dengan penelitian Malla dan Khan (2015) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah kepadatan sel alga atau densitas alganya maka penurunan konsentrasi parameter semakin baik. Sementara itu pada bak kontrol kedalaman 15 cm dan 25 cm mengalami kenaikan pada hari ke sembilan dikarenakan terjadinya *lysis* mikroorganismenya. Pada *lysis* mikroorganismenya akan meningkatkan konsentrasi COD dan mempengaruhi peningkatan konsentrasi BOD.



Gambar 4 Penurunan BOD dalam berbagai reaktor saat *running*

3.5 Analisis COD

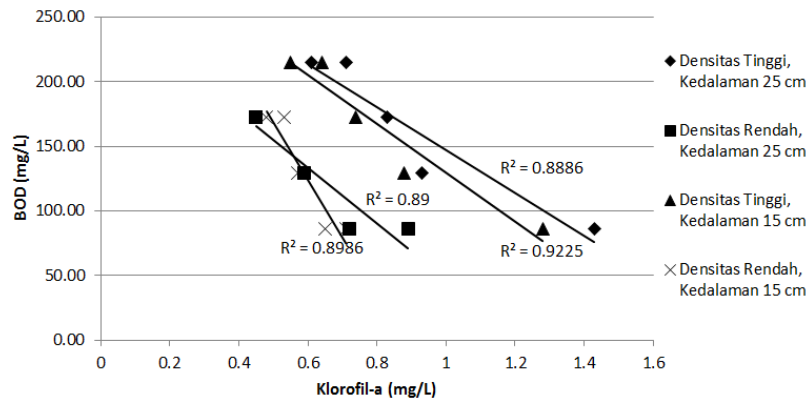
Berdasarkan grafik **Gambar 5**, reaktor dengan densitas awal 0,5 mg/L pada kedalaman 15 cm lebih baik menurunkan kadar COD daripada kedalaman 25 cm. Pada permukaan yang lebih rendah, kadar oksigen akan lebih tinggi, mikroorganisme akan lebih cepat menguraikan bahan organik karena adanya kadar DO yang tinggi (Salmin, 2005). Berdasarkan grafik penurunan COD juga menunjukkan bahwa densitas tinggi dapat menurunkan kadar COD lebih baik daripada densitas rendah. Sementara itu, pada reaktor bak kontrol dengan kedalaman 25 cm maupun 15 cm konsentrasi COD lebih fluktuatif. Hal ini menunjukkan bahwa bak kontrol yang merupakan reaktor bakteri saja mengalami peningkatan konsentrasi COD pada pertengahan pengujian dikarenakan adanya *lysis* (pecahnya sel mikroorganisme). Pada saat terjadinya *lysis*, kandungan organik yang ada dalam sel mikroorganisme akan terukur sebagai COD (Septiani dkk, 2014).



Gambar 5 Penurunan COD dalam berbagai reaktor saat *running*

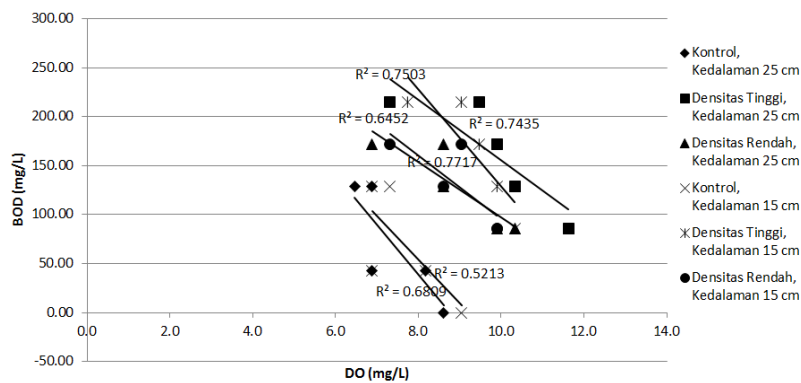
3.6 Korelasi Parameter

Pada grafik **Gambar 6** menunjukkan nilai korelasi antara klorofil-a terhadap penurunan BOD berkisar pada rentang 0,8-0,9. Nilai tersebut menunjukkan hubungan yang kuat antara klorofil-a dalam penurunan BOD. Semakin banyak jumlah klorofil-a pada alga reaktor maka semakin rendah konsentrasi BOD.



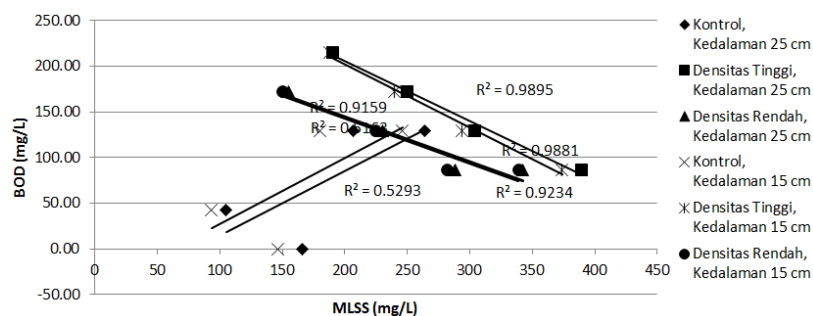
Gambar 6 Korelasi klorofil-a dalam penurunan BOD

Berdasarkan grafik **Gambar 7** menunjukkan nilai rerata korelasi DO terhadap penurunan konsentrasi BOD berkisar 0,6–0,7. Nilai tersebut menunjukkan hubungan yang kuat antara DO dengan BOD. Semakin tinggi nilai DO maka semakin besar pula penurunan konsentrasi BOD.



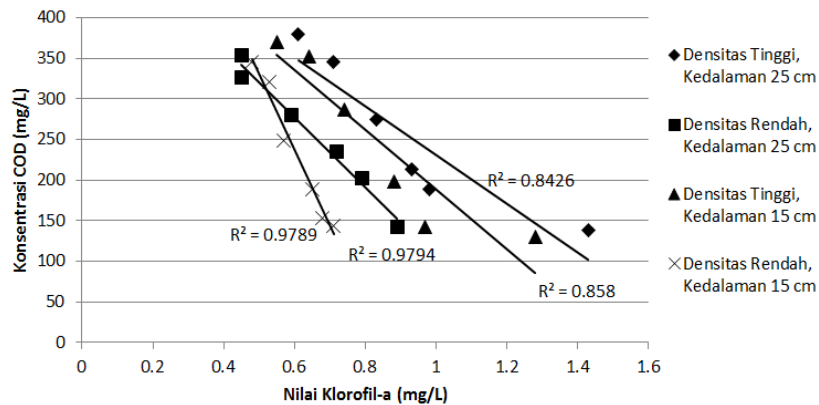
Gambar 7 Korelasi DO dalam penurunan BOD

Berdasarkan grafik **Gambar 8** menunjukkan nilai korelasi antara MLSS terhadap penurunan BOD adalah 0,9. Nilai tersebut menunjukkan hubungan yang kuat antara MLSS dalam penurunan BOD. Semakin tinggi nilai MLSS maka semakin rendah konsentrasi BOD dalam reaktor.



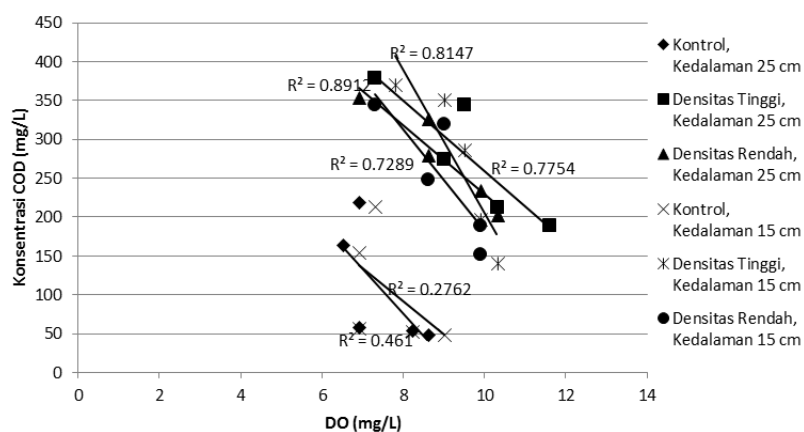
Gambar 8 Korelasi MLSS dalam penurunan BOD

Pada **Gambar 9** menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan antara nilai klorofil-a dengan penurunan konsentrasi COD. Nilai korelasi rerata pada reaktor alga mempunyai nilai korelasi 0,8–0,9, nilai tersebut menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara jumlah klorofil-a dengan penurunan konsentrasi COD. Semakin tinggi densitas alga yang terkandung dalam air limbah maka akan meningkatkan penghapusan COD.



Gambar 9 Korelasi Klorofil-a dengan penurunan COD

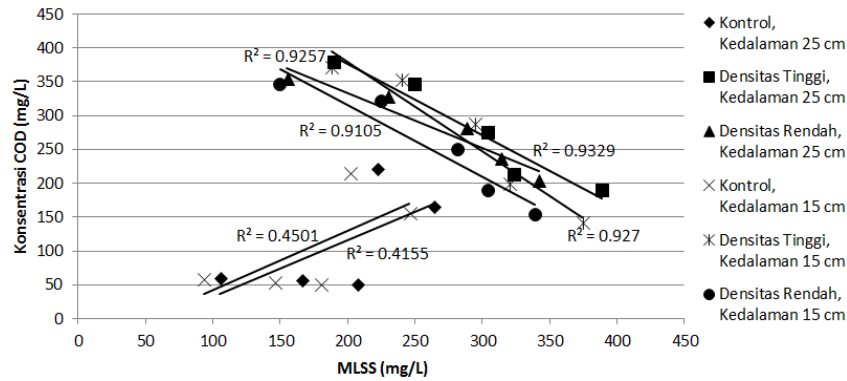
Berdasarkan grafik **Gambar 10** menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan antara reaktor alga-bakteri dengan bakteri. Nilai korelasi DO terhadap penurunan COD pada rentang 0,7-0,8. Nilai tersebut menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara DO dengan penurunan COD. Semakin tinggi nilai DO maka semakin rendah konsentrasi COD. Sedangkan untuk bak kontrol yang merupakan pengolahan bakteri saja nilai korelasi dibawah 0,5, yang menunjukkan tingkat hubungan yang rendah antar keduanya.



Gambar 10 Korelasi DO dengan penurunan COD

Pada grafik **Gambar 11** menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan antara reaktor alga-bakteri dengan bakteri. Nilai korelasi MLSS terhadap penurunan COD yaitu 0,9. Nilai tersebut

menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara MLSS dengan penurunan COD. Semakin tinggi nilai MLSS maka semakin rendah konsentrasi COD. Sedangkan untuk bak kontrol yang merupakan pengolahan bakteri saja nilai korelasi dibawah 0,5, yang menunjukkan tingkat hubungan yang rendah antar keduanya.



Gambar 11 Korelasi MLSS pada penurunan COD

IV. KESIMPULAN

1. Alga reaktor mampu menurunkan kadar BOD dan COD pada air limbah domestik. Efisiensi penurunan BOD pada reaktor densitas awal 0,4 mg/L klorofil-a dengan kedalaman reaktor 15 cm dan 25 cm adalah 50%, sedangkan pada reaktor densitas awal 0,5 mg/L klorofil-a dengan kedalaman reaktor 15 cm dan 25 cm adalah 60%. Sementara itu, efisiensi penurunan COD pada reaktor densitas awal awal 0,4 mg/L klorofil-a dengan kedalaman reaktor 15 cm dan 25 cm berturut-turut adalah 58,2% dan 60% sedangkan pada reaktor densitas awal 0,5 mg/L klorofil-a dengan kedalaman reaktor 15 cm dan 25 cm berturut-turut adalah 64,8% dan 63,6%.
2. Dalam penelitian ini densitas alga lebih berpengaruh terhadap penurunan BOD dan COD pada air limbah domestik. Sedangkan kedalaman reaktor 15 cm dan 25 cm tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan, namun pada kedalaman reaktor yang lebih dangkal mampu menunjukkan hasil yang lebih baik.
3. Densitas alga dan kedalaman reaktor berpengaruh pada konsentrasi klorofil-a, MLSS, DO dalam mereduksi kadar BOD dan COD.

V. SARAN

1. Perlunya ketelitian dalam menguji berbagai parameter.
2. Dapat juga penambahan parameter seperti fosfat dan nitrat apabila memungkinkan.

3. Perluasan topik antara hubungan alga dengan bakteri atau mikroorganisme lain yang memungkinkan peningkatan efisiensi penurunan parameter air limbah.
4. Mengaplikasikan pada limbah lain seperti limbah industri dengan kondisi lingkungan yang sama.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Raouf , N., A.A. Al-Homaidan , I.B.M. Ibraheem .2012. **Microalgae and Wastewater Treatment**. Saudi Arabia: King Saud University.
- Bellinger E.G, and David C. S., 2010. **Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators**. John Wiley and Sons, Ltd.
- de Godos I, Vargas VA, Blanco S, González MCG, Soto R, García-Encina PA, et al. 2010. **A Comparative Evaluation of Microalgae For The Degradation of Piggery Wastewater Under Photosynthetic Oxygenation**. *Bioresour Technol*;101:5150–8.
- Lilly JW, Maul JE, Stern DB. 2002. **The *Chlamydomonas reinhardtii* Organellar Genomes Respond Transcriptionally and Post-Transcriptionally to Abiotic Stimuli**. *Plant Cell*, 14(11), 2681-2706.
- Malla Fayaz A., Shakeel A. Khan, Rashmi, Gulshan K. Sharma, Navindu Gupta, G. Abraham . 2015. **Phycoremediation potential of *Chlorella minutissima* on primary and tertiary treated wastewater for nutrient removal and biodiesel production**. *Ecological Engineering* 75 (2015) 343–349.
- Mulyanto A, dan Titin H., 2015. **Fiksasi Emisi Karbon Dioksida dengan Kultivasi Mikroalga Menggunakan Nutrisi dari Air Limbah Industri Susu**. *Jurnal Riset Industri*. Vol. 9 No.1 Hal. 13-21.
- Muñoz, R. dan Guieysse, B. 2006. **Algal-Bacterial Processes for The Treatment of Hazardous Contaminants: A Review**. *Water Research*, 40: p.2799-2815.
- Putri, Laksmisari Rakhma, Agus Slamet dan Joni Hermana. 2014. **Pengaruh Penambahan Glukosa Sebagai Co-substrate dalam Pengolahan Air Limbah Minyak Solar Menggunakan Sistem High Rate Alga Reactor (HRAR)**. *Jurnal Teknik POMITS* Vol. 3, No. 2, ISSN: 2337-3539.
- Salmin. 2005. **Oksigen Terlarut (Do) Dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan**. *Jurnal Oseana* Volume XXX, Nomor 3, 2005: 21-26.

- Septiani, Wahyu Dian, Agus Slamet, dan Joni Hermana. 2014. **Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Laju Pertumbuhan Alga dan Bakteri Heterotropik pada Sistem HRAR.** Jurnal Teknik Pomits Vol. 3, No.2, (2014) ISSN: 2337-3539.
- SNI 06-2412-1991 tentang **Metode Pengambilan Contoh Kualitas Air.**
- SNI 06-6989.14-2004 tentang **Air dan Air Limbah - Bagian 14: Cara Uji Oksigen Terlarut Secara Iodometri (modifikasi azida).**
- SNI 6989.72-2009 tentang **Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD).**
- SNI 06-6989.2-2004 tentang **Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri.**
- SNI 06-4157-1996 tentang **Metode Pengujian Kadar Klorofil A Fitoplankton dalam Air dengan Spektrofotometer.**
- Sugiyono. 2012. **Metodelogi Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R dan D.** Alfabetha. Bandung.
- Sumardiyono. 2012. **Kultivasi Mikroalga *Chlamydomonas reinhardtii* Sebagai Produsen Protein Sel Tunggal Dalam Bioreaktor Kolam Lintasan Terbuka (Raceway Open Pond Bioreactor).** Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia IV. Universitas Negeri Surakarta.
- Usha, M.T., T. Sarat Chandra, R. Sarada, V.S. Chauhan. 2016. **Removal of nutrients and organic pollution load from pulp and paper mill effluen by microalgae in outdoor open pond.** **Bioresource Technology** 214 (2016) 856–860.
- Wood, A.M., R.C. Everroad, and R.M. Wingard. 2005. **Measuring Growth Rates in Mikroalgal Cultures.** In: **Algal Culturing Techniques (ANDERSEN, R.A. Ed).** Elseviers Acad. Press. Pp.