

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

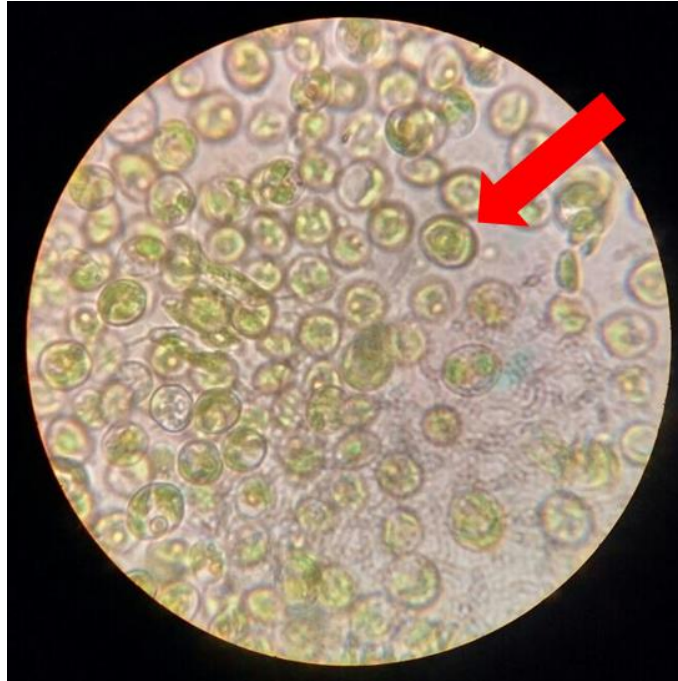
#### 1.1. Hasil Penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan dua jenis air limbah *greywater*. Penelitian pertama menggunakan air limbah *greywater* yang diambil dari Kantin Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia. Pada penelitian lanjutan, digunakan air limbah artifisial menggunakan air bersih yang ditambahkan nutrisi berupa pupuk TSP penggunaan limbah artifisial diperlukan sebagai perbandingan apakah alga dapat tumbuh dan berkembang sama baiknya dengan alga yang ditumbuhkan dalam *greywater*.

Sebelum diberi perlakuan, air limbah diukur kadar BOD dan COD, serta parameter terkait sebagai data awal. Selanjutnya, dilakukan treatment selama 14 hari menggunakan ODAR. Alga yang digunakan adalah mikrolagae non-selektif yang diambil dari perairan bebas, tepatnya di Jalan Kaliurang. Alga telah diidentifikasi menggunakan mikroskop dengan perbesaran 1600x, dan diketahui merupakan jenis alga hijau *Chlorella, sp.*

##### 1.1.1. Identifikasi Alga

Alga memiliki klorofil yang berarti alga memiliki sifat mirip tumbuhan. Berdasarkan warna klorofil, alga terbagi menjadi beberapa jenis. Jenis mayoritas alga yang digunakan dalam penelitian ini telah teridentifikasi spesies *Chlorella, sp.* yang termasuk dalam kategori ganggang hijau.



**Gambar 4.1.** Hasil pengamatan alga dengan mikroskop perbesaran 1600x

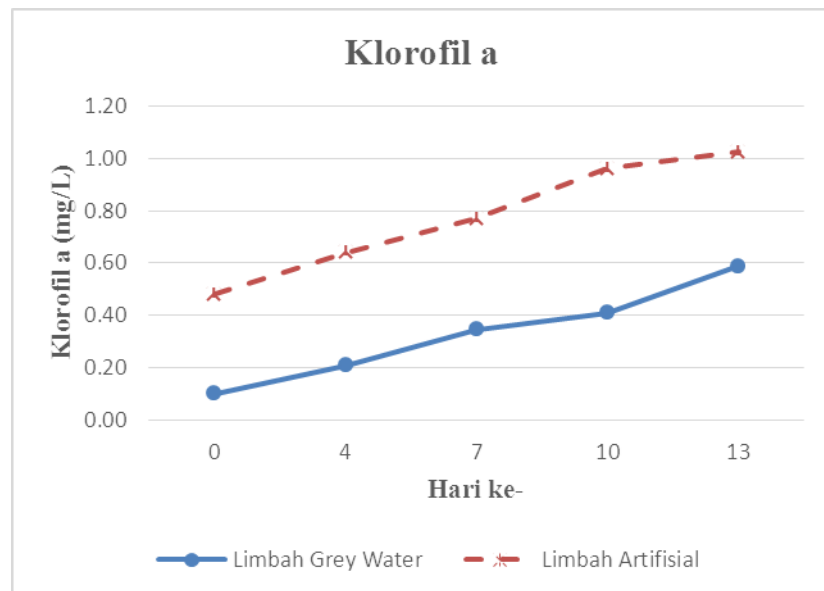
Hasil pengamatan menunjukkan alga berbentuk *coccus* atau lingkarang dengan warna hijau. Oleh karena itu disimpulkan bahwa spesies alga tersebut merupakan *Chlorella sp.* Spesies ini banyak digunakan untuk reduksi CO<sub>2</sub> karena mengandung klorofil a dan klorofil-b. Keduanya memiliki efisiensi yang tinggi dalam fotosintesis, terutama untum mengubah CO<sub>2</sub> menjadi O<sub>2</sub>. Spesies ini termasuk dalam divisi *Chloropyhta* dan dapat hidup di tempat yang memiliki suhu 30-40°C. Selain itu *Chlorella sp.* juga termasuk dalam mikroorganisme yang uniselular. (Singh & Singh, 2014)

#### **1.1.2. Analisis Klorofil a**

Klorofila merupakan pigmen yang paling umum terdapat pada fitoplankton sehingga konsentrasi fitoplankton sering dinyatakan dalam konsentrasi klorofil a (Parsons dkk, 1984). Pengujian klorofil a dilakukan menggunakan Spektrofotometer *Double Beam*. Penyerapan cahaya maksimal klorofil a ada para kisaran 430 nm hingga 662 nm. Hasil pengujian masing-masing jenis limbah selama 13 hari dapat dilihat pada **Tabel 4.1.** :

**Tabel 4.1.** Hasil pengujian klorofil a

Hari ke-	Limbah Greywater	Limbah Artifisial
0	0.10	0.48
4	0.21	0.64
7	0.35	0.77
10	0.41	0.96
13	0.59	1.03



**Gambar 4.2.** Grafik hasil pengujian klorofil a

Kenaikan konsentrasi klorofil dapat dilihat dari grafik yang terus meningkat setiap pengujian. Peningkatan yang terjadi hampir mencapai 400% atau empat kali lipat dari nilai awal, yang berarti alga berkembang dengan baik. Pada limbah *greywater*, peningkatan yang terjadi tidak terlalu drastis, namun cukup menunjukkan pertumbuhan alga dalam air juga cukup baik.

Data yang tersaji pada **Tabel 4.1.** dan **Gambar 4.2.** juga menunjukkan bahwa alga dapat tumbuh lebih subur pada air limbah artifisial yang menggunakan pupuk NPK. Hal ini mungkin terjadi karena nutrient dalam limbah artifisial memiliki konsentrasi ammonia 23,68 mg/l dan konsentrasi fosfat 20,50 mg/l. Sedangkan pada limbah *greywater* kemungkinan terdapat

banyak faktor yang mengganggu pertumbuhan alga seperti zat-zat yang tidak dibutuhkan yang mengganggu penyerapan nutrient bagi alga.

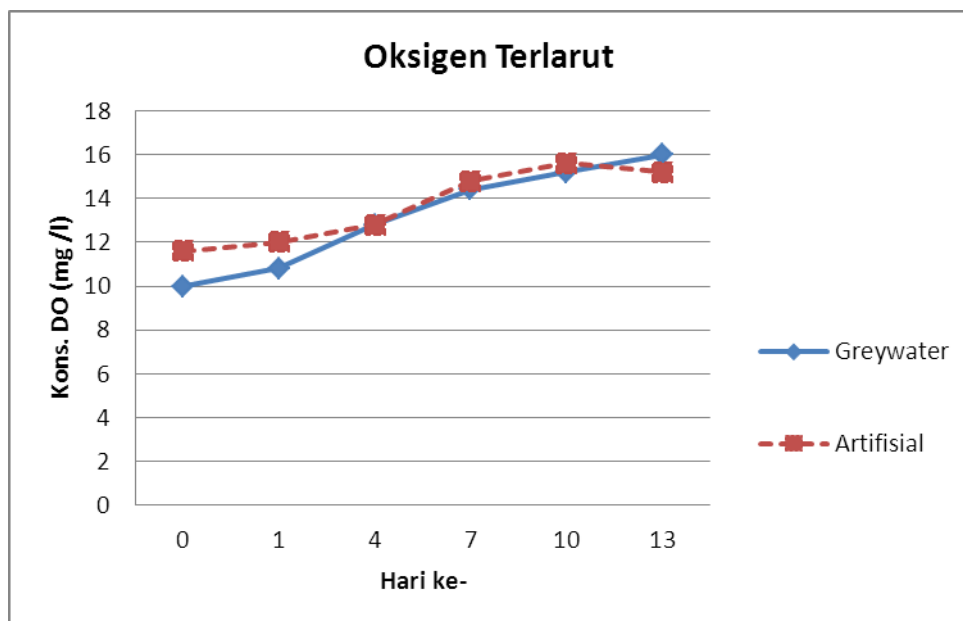
## 1.2. Analisis Parameter Kualitas Air

### 1.2.1. DO

Pengujian oksigen terlarut dilakukan setiap tiga hingga empat sekali. Oksigen terlarut merupakan salah satu parameter paling umum dan paling penting dalam pengujian kualitas air, terutama dalam penelitian ini menggunakan alga yang daur hidupnya berfotosintesis dan menghasilkan oksigen. Hasil dari pengujian DO dapat dilihat pada **Tabel 4.2.** dan **Gambar 4.3.** berikut:

**Tabel 4.2.** Hasil pengujian DO

Hari ke-	DO Greywater (mg/l)	DO Artifisial (mg/l)
0	10	11.6
1	11	12
4	12.8	12.8
7	14.4	14.8
10	15.2	15.6
13	16	15.2

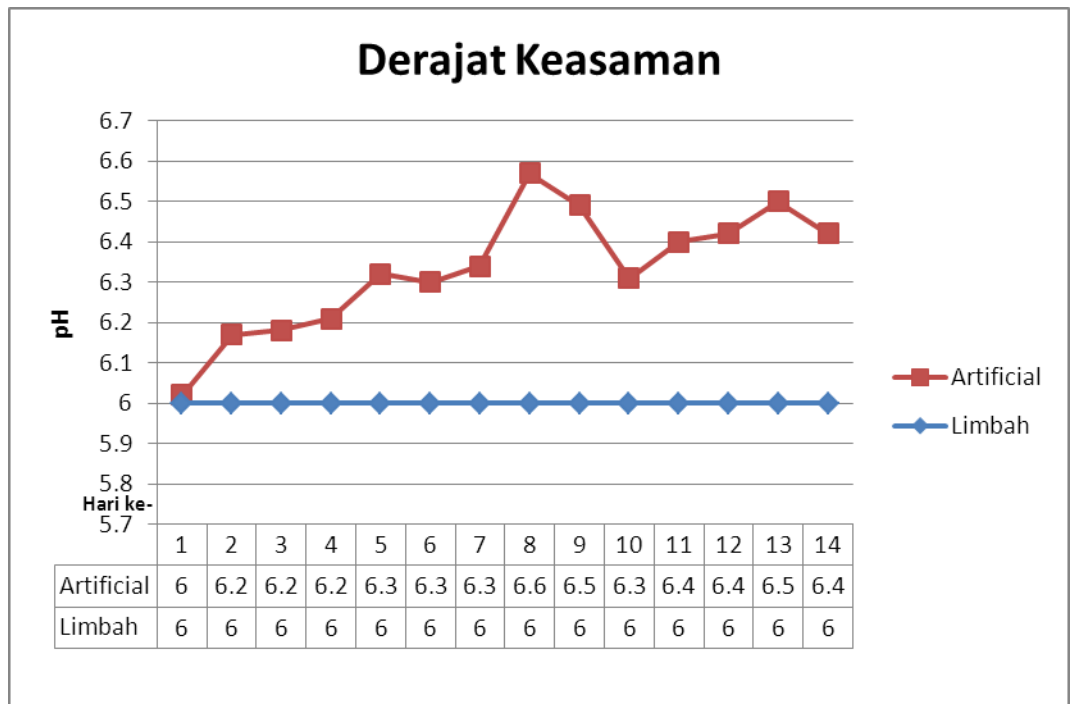


**Gamnbar 4.3.** Hasil pengujian oksigen terlarut (DO)

Hasil pengujian menunjukkan peningkatan baik pada limbah *greywater* maupun artifisial. Namun pada pengujian hari ke-13 limbah artifisial menunjukkan penurunan. Tingginya kadar DO bisa diartikan bahwa fotosintesis alga berjalan dengan sangat baik. Pertumbuhan alga juga bisa diukur dari kenaikan DO, yang berarti alga terus tumbuh dan berreproduksi sehingga semakin banyak fotosintesis yang terjadi dan oksigen yang dihasilkan terus meningkat. Sedangkan penurunan yang terjadi pada hari ke-13 limbah artifisial dapat dipengaruhi oleh penguraian bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme lain seperti bakteri, sehingga DO mengalami penurunan.

### 1.2.2. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman air dapat mempengaruhi berbagai macam hal, terutama pada kandungan oksigen dalam air. Selain itu, alga dapat hidup dan berkembang secara optimum pada pH antara 6 hingga 9. Hasil dari pengujian pH dapat dilihat pada **Gambar 4.4.**:



**Gambar 4.4.** Hasil pengujian derajat keasaman (pH)

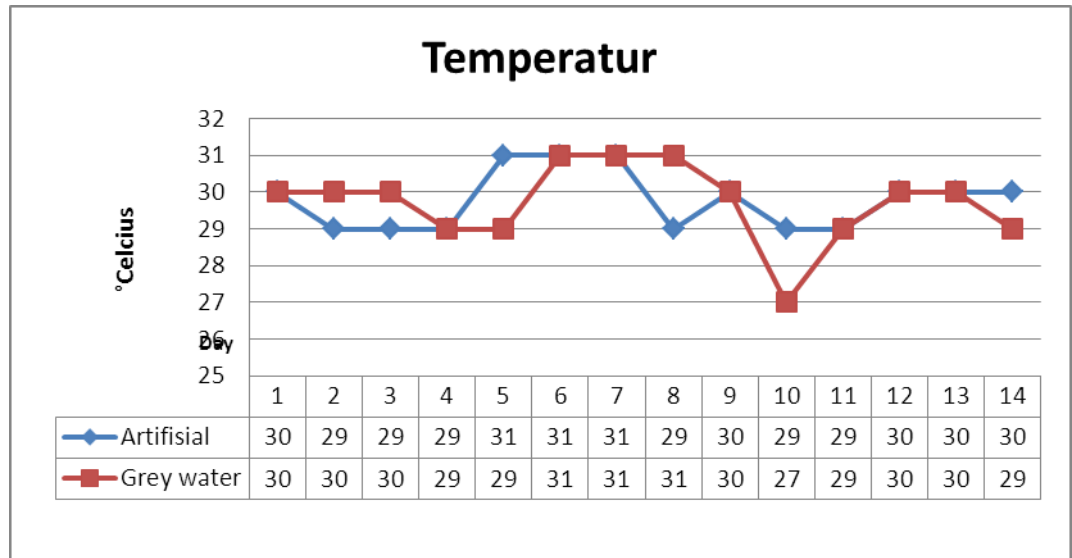
Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa pH pada limbah artifisial maupun limbah *greywater* memiliki nilai pH yang relatif tetap. Kenaikan

maupun penurunan pH dapat dipengaruhi oleh zat-zat yang terkandung dalam air. Selain dalam proses fotosintesis, penyerapan karbon meningkat dan hal inilah yang dapat meningkatkan nilai pH meskipun hanya sedikit. Kenaikan pH juga menurunkan kinerja sel alga terutama enzim RuBisCo yang berfungsi sebagai katalis dalam karboksilasi fotosintesis. (Reynolds, 2009.)

Pada pengujian limbah *greywater* terjadi kesalahan teknis dimana pengukuran dilakukan menggunakan kertas pH universal sehingga nilai pH terlihat konstan. Untuk ketelitian dari kertas pH *universal* adalah  $\pm 0,7$ .

### 1.2.3. Temperatur

Temperatur optimum untuk alga ada di antara 15-25°C. Kenaikan maupun penurunan temperatur air dapat berpengaruh pada oksigen yang terlarut dalam air dan berujung pada proses fotosintesis dan keberlangsungan hidup alga. Untuk hasil pengujian temperatur dapat dilihat pada **Gambar 4.5** :



**Gambar 4.5.** Hasil pengujian temperatur

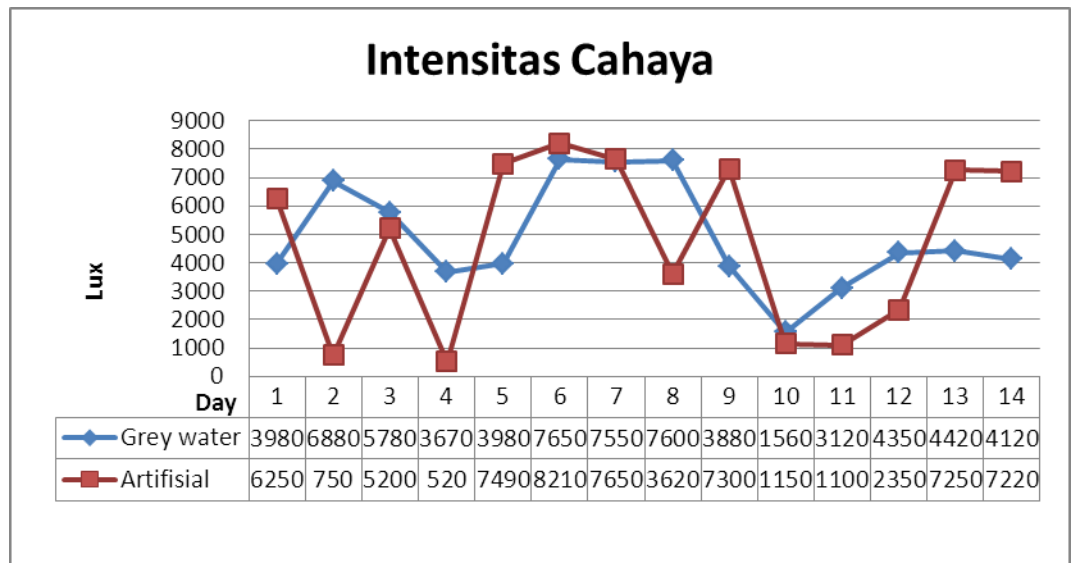
Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa temperatur air dalam reaktor cukup tinggi dan bervariasi. Fluktuasi ini kemungkinan disebabkan cuaca yang tidak menentu pada hari pengujian. Meskipun masih termasuk musim kemarau namun terkadang terdapat awan mendung dan hawa dingin yang mempengaruhi temperatur air. Meski

demikian waktu pengujian dilakukan tepat jam 12.00 WIB setiap harinya.

Kontrol temperatur sulit dilakukan karena keterbatasan alat maupun bahan. Padahal jika dibandingkan, temperatur yang tidak dikontrol pada suatu reaktor, pengontrolan temperatur air dalam reaktor akan lebih mengoptimalkan pertumbuhan alga (Sleagers, dkk. 2013). Pada proses fotosintesis oleh *Chlorella sp.*, temperatur di atas 35°C akan menyebabkan penurunan penyerapan CO<sub>2</sub> oleh alga. Hal ini menyebabkan *growth rate* menurun dan penurunan zat-zat organik terhambat (Sutherland, dkk. 2015).

#### 1.2.4. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya yang diukur menggunakan luxmeter adalah intensitas cahaya lingkungan di mana ODAR diletakkan. Pengukuran dilakukan setiap harinya pada pukul 12.00 WIB. Hasil pengujian intensitas cahaya dapat dilihat pada **Gambar 4.6.**:



**Gambar 4.6.** Hasil pengujian intensitas cahaya

Grafik di atas menunjukkan hasil pengukuran yang bervariasi setiap harinya. Hal ini dikarenakan intensitas cahaya tergantung pada cuaca, terutama apakah sinar matahari terhalang oleh awan atau tidak. Untuk dapat berfotosintesis, intensitas cahaya yang dibutuhkan antara 500 hingga 10.000 lux (Koniyo, 2010). Dengan demikian,

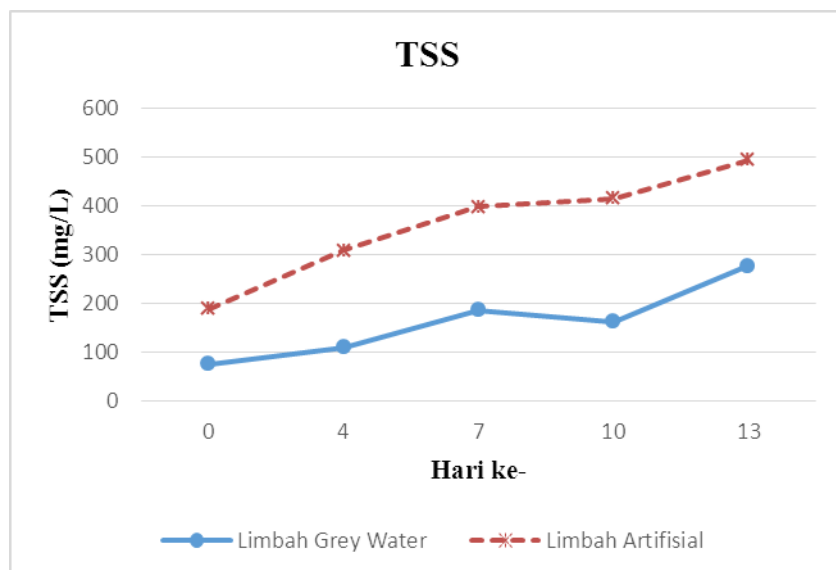
intensitas cahaya pada penelitian ini termasuk pada kondisi yang cukup untuk memungkinkan terjadinya fotosintesis.

### 1.2.5. *Total Suspended Solids* (TSS)

Pengujian TSS dilakukan dengan metode gravimetric. Mengetahui nilai TSS sangat penting untuk mengetahui pertumbuhan alga. Nilai TSS yang didapat menunjukkan konsentrasi alga dalam air. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 4.3.** dan **Gambar 4.7.** :

**Tabel 4.3.** Hasil pengujian TSS

Hari ke-	Limbah Greywater (mg/l)	Limbah Artifisial (mg/l)
0	75	188
4	110	308
7	186	397
10	162	415
13	277	493



**Gambar 4.7.** Hasil pengujian TSS

Tabel dan grafik di atas menunjukkan kenaikan nilai TSS setiap harinya. Pada hari ke 10 baik limbah *greywater* maupun limbah artifisial mengalami penurunan. Penurunan bisa jadi disebabkan oleh konsentrasi alga yang berkurang sehingga perlu dilakukan



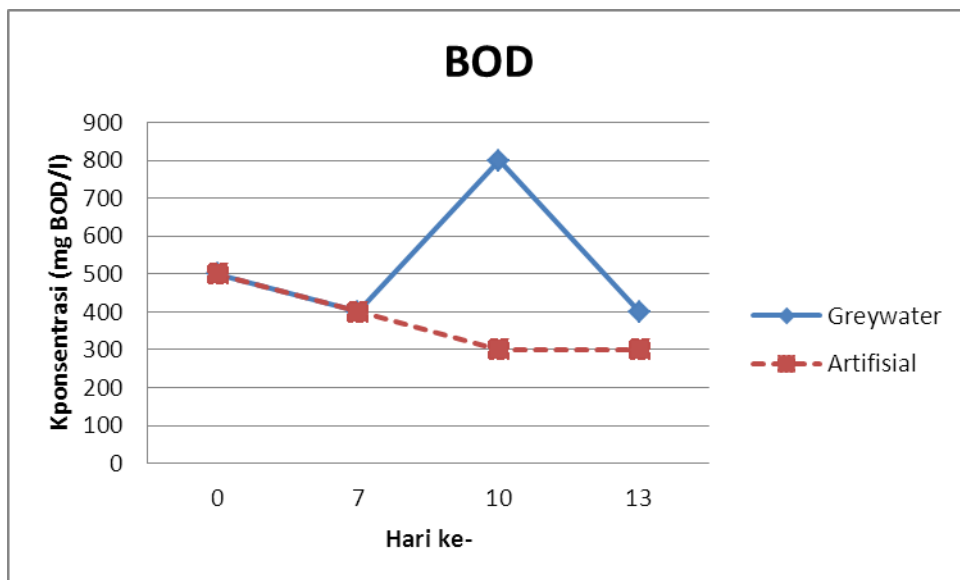
penambahan limbah atau nutrient agar alga dapat tumbuh lagi secara optimal. TSS sendiri merupakan total padatan tersuspensi berupa mineral dan material organik, termasuk juga mikroorganisme.

### 1.3. Analisis BOD

BOD sering dijadikan parameter penting dalam menentukan kualitas air terutama air limbah. Pengujian BOD dilakukan selama 5 hari dengan suhu inkubasi 20°C. Selain itu dilakukan titrasi iodometri untuk mengetahui nilai DO di hari ke 0 dan hari ke 5. Nilai DO tersebut kemudian dijadikan acuan untuk menghitung nilai BOD. Hasil pengujian BOD dapat dilihat pada **Tabel 4.4.** dan **Gambar 4.8.** berikut:

**Tabel 4.4.** Hasil pengujian BOD

Hari ke-	<i>Greywater</i>	Artifisial
0	500	500
7	400	400
10	800	300
13	400	300



**Gambar 4.8.** Hasil pengujian BOD

Dari hasil yang tersaji di atas didapat efisiensi penurunan BOD untuk Limbah *greywater* dari hari ke 0 menuju hari ke 7 adalah sebesar 20%. Pada hari ke 7 menuju hari ke 10 terdapat peningkatan sebesar dua kali lipat, hal ini

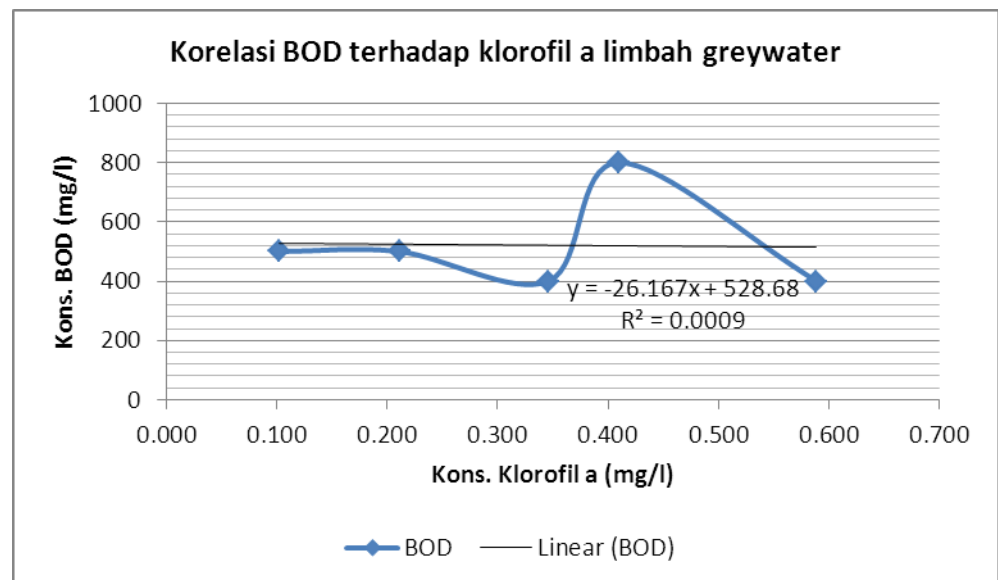
dikarenakan adanya penambahan limbah untuk menambah nutrient dalam air.hal tersebut dilakukan karena adanya indikasi bahwa alga sudah menguning dan kemungkinan mati. Setelah penambahan di hari ke-10 ODAR berjalan normal kembali dan dapat mereduksi hingga 50% BOD dalam air di hari ke 13.

Pada limbah artifisial, dapat dilihat bahwa penurunan terus terjadi hingga hari ke 10.Namun demikian, pada hari ke 10 hingga hari ke-13 tidak terjadi perubahan yang signifikan pada hasil BOD.Efisiensi penurunan untuk BOD pada limbah artifisial adalah sebesar 40%.

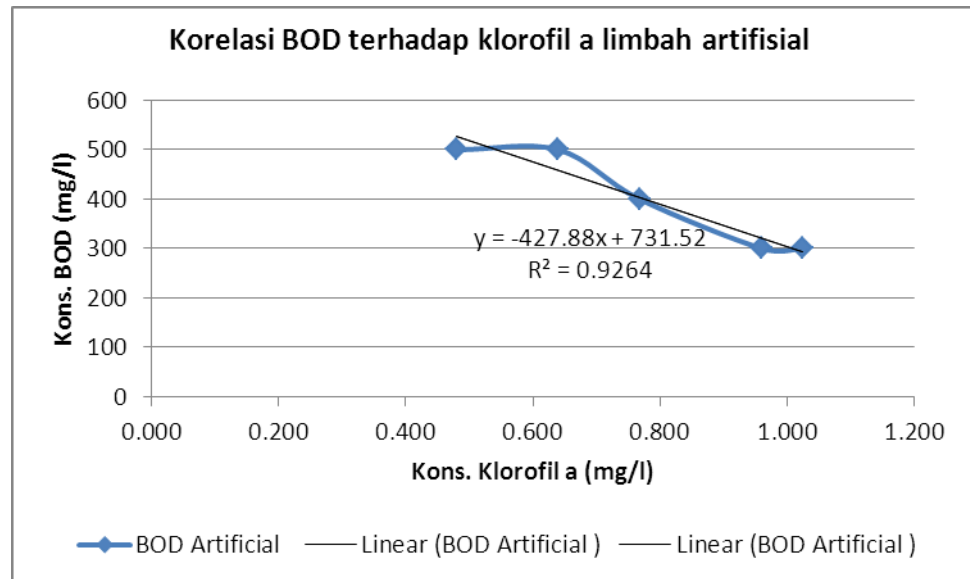
Penurunan nilai BOD sebagai salah satu parameter utama dalam penelitian ini dipengaruhi oleh beberapa parameter lain yang sekiranya terkait. Beberapa korelasi yang telah dianalisis dapat dilihat pada sub-bab berikut:

### 1.3.1. Korelasi BOD Terhadap Klorofil a

Penurunan BOD bergantung pada seberapa banyaknya alga dan fotosintesis yang dilakukan.Oleh karena itu, klorofil a sebagai indikasi dari kedua hal tersebut dikorelasikan dengan penurunan BOD.Grafik korelasi BOD terhadap klorofil a dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.dan**Gambar 4.10**.berikut:



**Gambar 4.9.** Grafik korelasi BOD terhadap klorofil a limbah *Greywater*

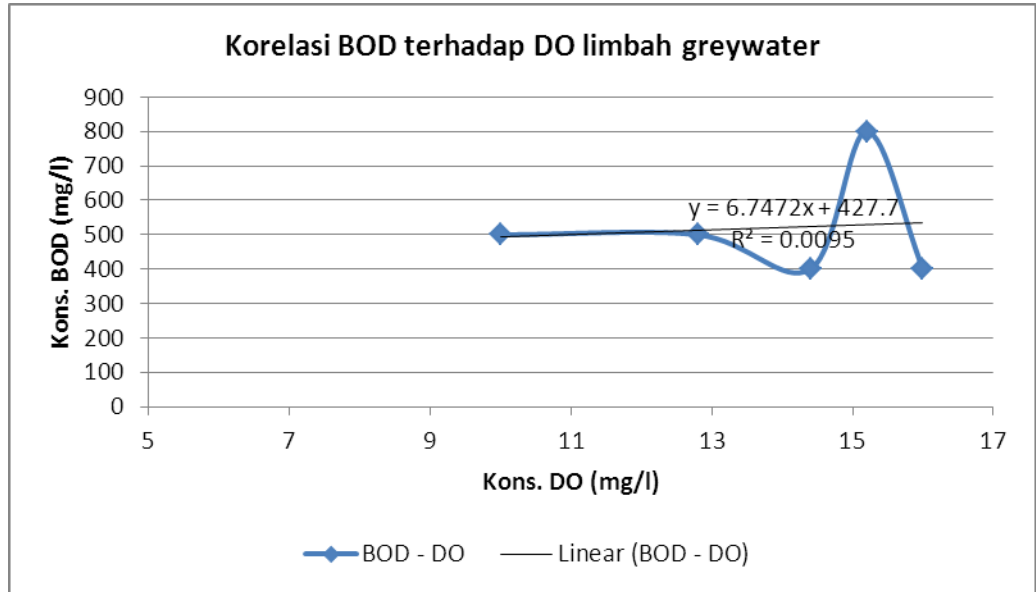


**Gambar 4.10.** Grafik korelasi BOD terhadap klorofil a limbah artifisial

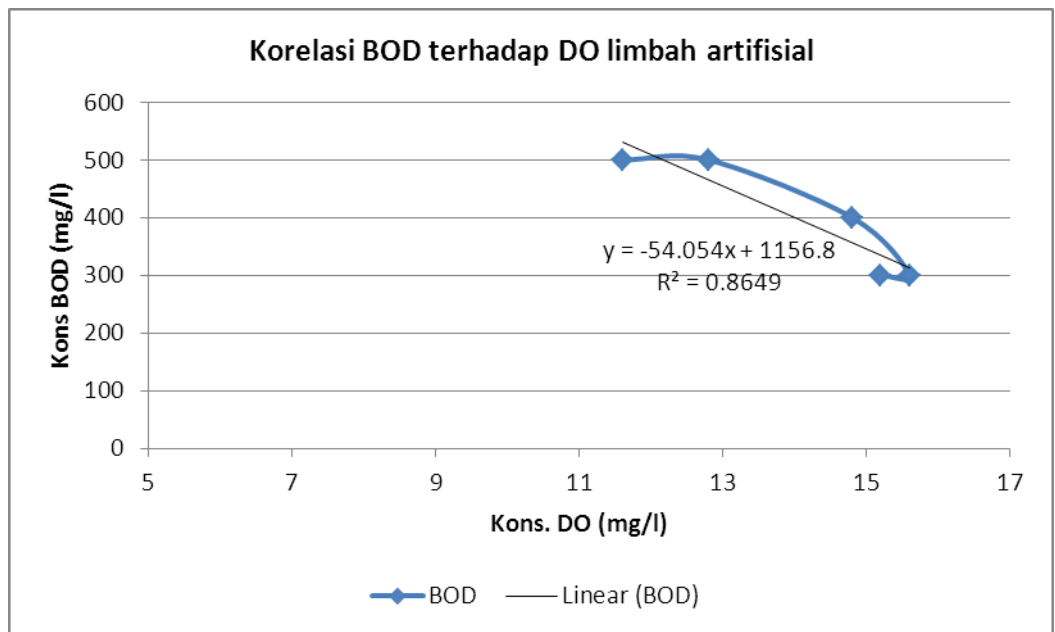
Pada hubungan BOD dan klorofil a, BOD adalah variabel Y dan klorofil a bertindak sebagai variabel X. Nilai korelasi yang didapat untuk limbah *greywater* adalah 0.0009 dan untuk limbah artifisial nilai korelasi adalah 0.926. Nilai dari koefisien korelasi menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara BOD dan klorofil a. Menurut penelitian yang dilakukan Malla dan Khan (2015), peningkatan klorofil alga spesies *Chlorella minutissima* dengan growth rate 1/hari dapat mereduksi BOD hingga 31%.

### 1.3.2. Korelasi BOD Terhadap DO

Nilai BOD didapatkan dari analisis nilai DO pada hari ke-0 dan hari ke-5 sampel yang diinkubasi. Inkubasi berfungsi sebagai isolasi sampel untuk melihat seberapa besar penurunan oksigen terlarut di dalam air yang berada pada tempat gelap dan suhu normal. Pada tempat gelap dan suhu 20°C aktivitas mikroorganisme terbatas sehingga penurunan oksigen pun minimal. Selisih inilah yang kemudian dimanfaatkan dalam analisis DO. Demikian kaitan antara BOD dan DO dapat dikorelasikan dalam **Gambar 4.11.** dan **Gambar 4.12.** berikut:



**Gambar 4.11.** Grafik korelasi BOD terhadap DO limbah *greywater*



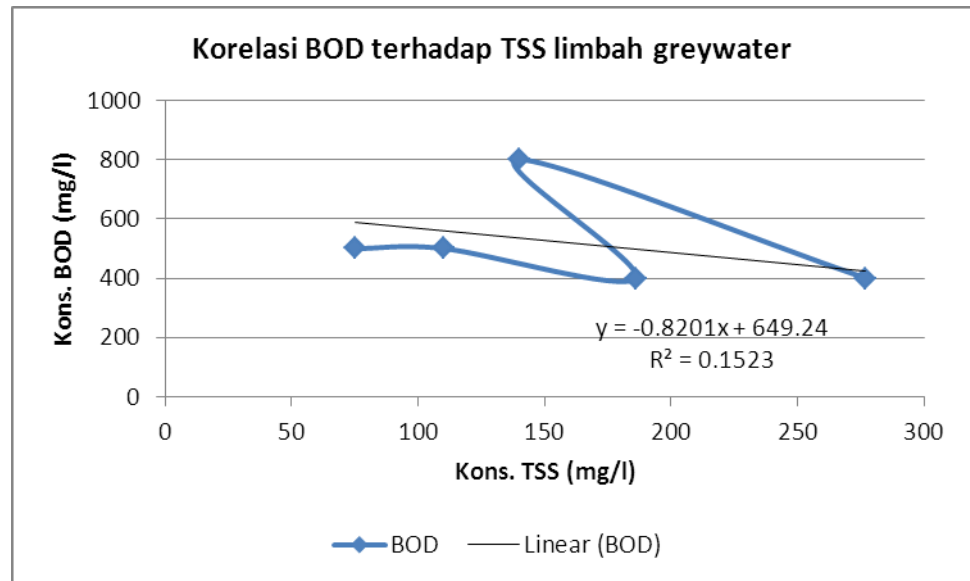
**Gambar 4.12.** Grafik korelasi BOD terhadap DO limbah artifisial

Koefisien korelasi yang didapat untuk BOD terhadap DO pada limbah *greywater* adalah 0.0095 dan untuk limbah artifisial adalah 0.865. nilai tersebut menunjukkan adanya hubungan antara BOD dan DO.

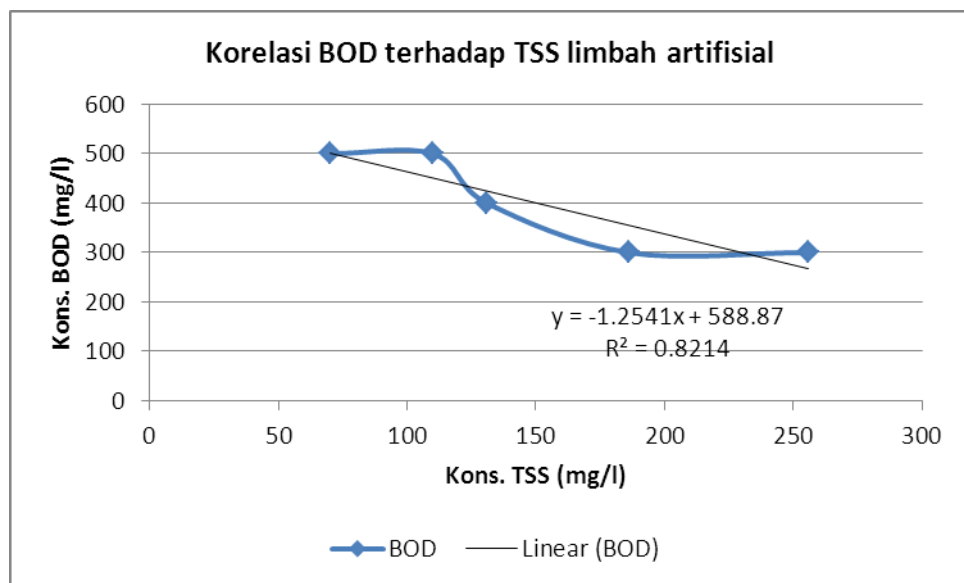
### 1.3.3. Korelasi BOD Terhadap TSS

TSS merupakan nilai yang menunjukkan kandungan alga dan mikroorganisme lain dalam air. Semakin banyak kandungan alga maka

semakin banyak senyawa organik yang tereduksi. Sehingga korelasi BOD terhadap TSS dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



**Gambar 4.13.** Korelasi BOD terhadap TSS limbah *greywater*



**Gambar 4.14.** Korelasi BOD terhadap TSS limbah artifisial

Koefisien korelasi BOD terhadap TSS untuk limbah *greywater* dan artifisial berturut-turut adalah 0.1523 dan 0.8214. Besarnya angka koefisien korelasi yang mendekati 1 pada

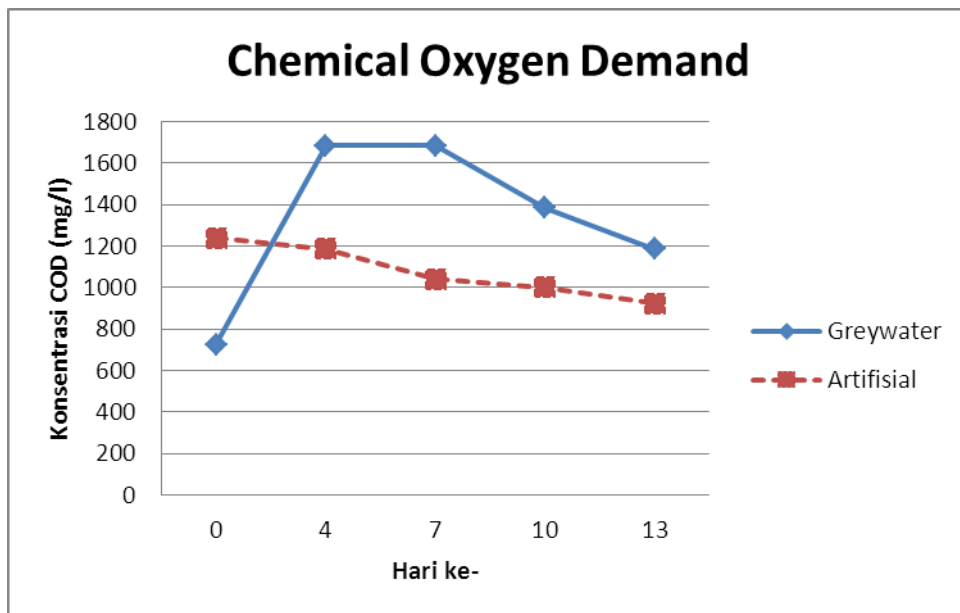
limbah artifisial menunjukkan tingkat hubungan yang kuat antara keduanya.

#### 1.4. Analisis COD

Nilai COD menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik yang ada dalam air. karena itu, nilai COD dinyatakan dalam mg O<sub>2</sub>/l. Hasil pengujian COD dapat dilihat pada **Tabel 4.5.** berikut:

**Tabel 4.5.** Hasil pengujian COD

Hari ke-	Greywater	Artifisial
0	726.50	1239.32
4	1683.76	1188.03
7	1683.76	1042.74
10	1384.62	1000.00
13	1188.03	923.08



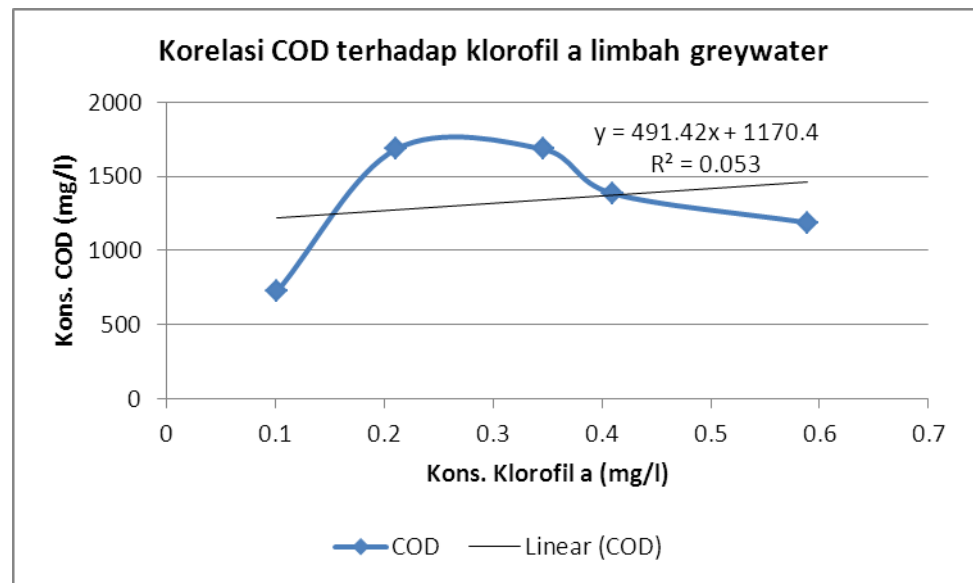
**Gambar 4.15.** Hasil pengujian COD

Hasil pengujian yang tersaji pada Tabel dan Gambar di atas menunjukkan adanya penurunan nilai COD terutama pada limbah artifisial. Sedangkan pada limbah *greywater* pada hari ke 0 menuju hari ke 4 terdapat kenaikan sebesar dua kali lipat sebelum mengalami penurunan pada hari ke 7. Efisiensi removal pada limbah artifisial adalah sebesar 25,52%. Sedangkan pada

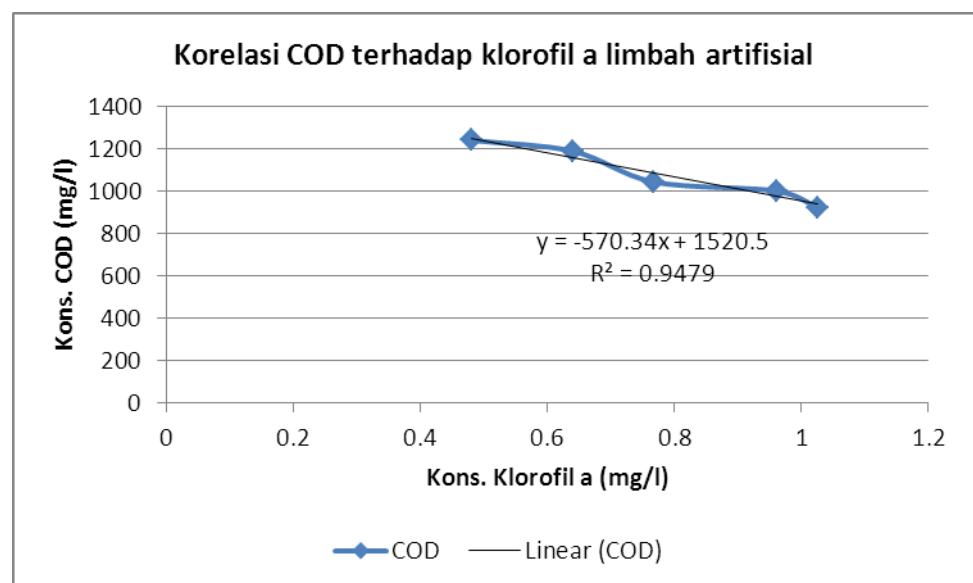
limbah *greywater* efisiensi removal yang dimulai pada hari ke 7 hingga hari ke 13 adalah sebesar 29,45 %.

#### 1.4.1. Korelasi COD Terhadap Klorofil a

Penurunan COD bergantung pada fotosintesis alga dalam air. Oleh karena itu, klorofil a yang merupakan pigmen utama seharusnya memiliki hubungan yang kuat dengan COD. Korelasi antara keduanya dapat dilihat pada **Gambar 4.16**. Dan **Gambar 4.17**. Berikut:



**Gambar 4.16.** Grafik korelasi COD terhadap klorofil a limbah *greywater*

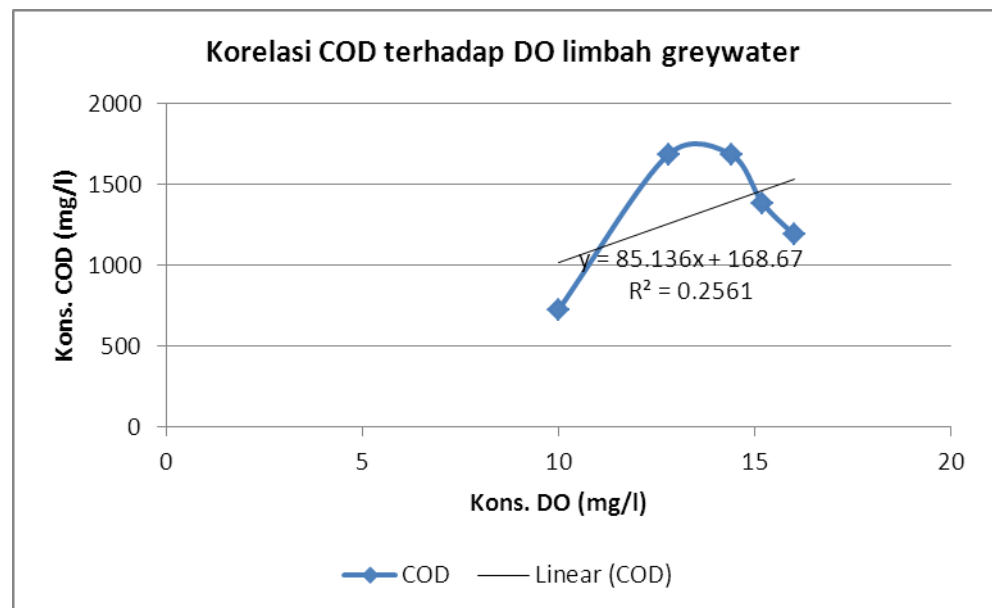


**Gambar 4.17.** Grafik korelasi COD terhadap klorofil a limbahartifisial

Selain grafik hubungan yang ditunjukkan pada gambar 4. dan Gambar 4. Nilai korelasi dapat dianalisis dengan COD sebagai Y dan klorofil a sebagai X. Nilai yang diperoleh untuk limbah *greywater* adalah 0,053 yang berarti hubungan antara keduanya sangat rendah. Namun pada limbah artifisial nilai korelasi antara keduanya adalah 0.9479 yang berarti korelasi COD terhadap klorofil a sangat kuat.

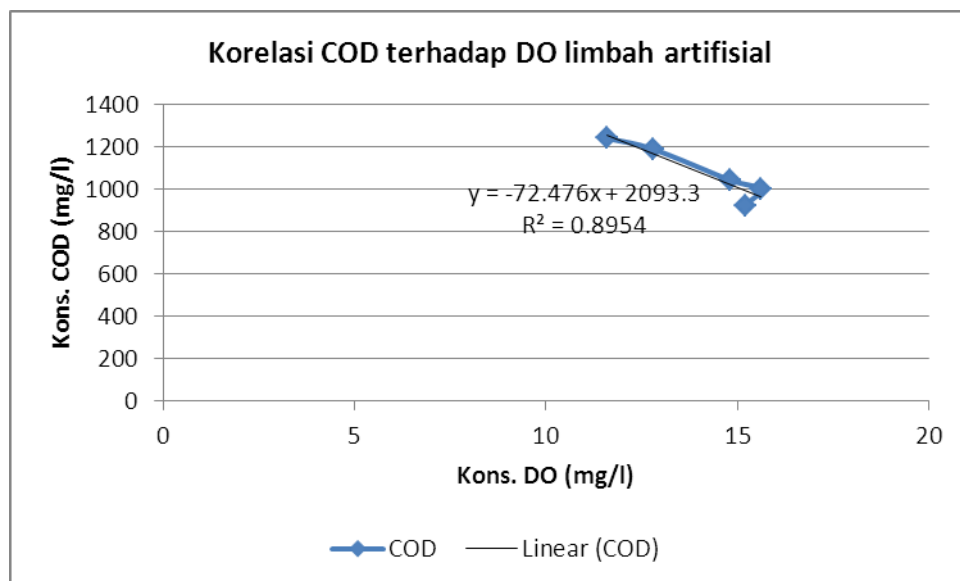
#### 1.4.2. Korelasi COD Terhadap DO

COD dan DO sama-sama memiliki peran penting sebagai parameter yang menentukan kualitas air. Keduanya juga merupakan nilai oksigen yang ada dalam air. perbedaannya adalah COD merupakan nilai oksigen yang telah digunakan untuk oksidasi, sedangkan DO menyatakan oksigen terlarut total dalam air. Korelasi antara keduanya dapat dilihat pada **Gambar 4.18.** dan **Gambar 4.19.** berikut:



**Gambar 4.18.** Grafik korelasi COD terhadap DO pada limbahgreywater



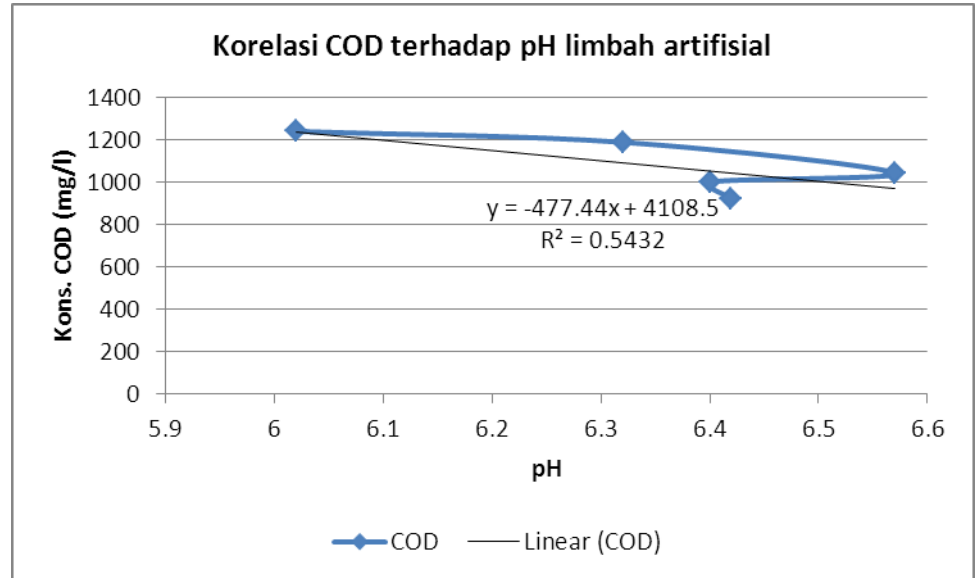


**Gambar 4.19.** Grafik korelasi COD terhadap DO pada limbah artifisial

Nilai korelasi yang didapat dengan COD sebagai X dan DO sebagai Y untuk limbah *greywater* dan artifisial berturut-turut adalah 0.2561 dan 0.8954. Meskipun keduanya memiliki koefisien yang berbeda namun keduanya menunjukkan bahwa COD dan DO suatu hubungan.

### 1.4.3. Korelasi COD Terhadap Derajat Keasaman

Derajat keasaman menjadi faktor penting dalam penyerapan oksigen dalam air. Derajat keasaman yang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah juga dapat membunuh alga. Karena itu pada dasarnya diperlukan control pH untuk mengatur pH yang tepat bagi alga untuk tumbuh dan beraktivitas. Aktivitas alga akan mempengaruhi efisiensi penurunan COD sehingga korelasi antara keduanya dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 4.20.** Grafik korelasi COD terhadap pH pada limbah artifisial

Nilai korelasi yang diperoleh dengan COD sebagai Y dan pH sebagai X untuk limbah artifisial adalah 0.5432. Nilai ini menunjukkan adanya hubungan antara pH dan COD.

### 1.5. Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya

Pada beberapa penelitian sebelumnya memiliki hasil berupa efisiensi removal yang berbeda-beda. Hasil tersebut dirangkum dalam **Tabel 4.6.** berikut:

**Tabel 4.6.** Hasil penelitian sebelumnya

<b>Peneliti</b>	<b>Limbah</b>	<b>Konsentrasi Awal</b>	<b>Kemampuan Penurunan</b>
		<b>BOD</b>	<b>BOD</b>
Chandra & Usha, dkk. (2016)	Limbah pabrik kertas	2944 mg/L	82%
Malla & Khan, dkk. 2015	<i>Sewage drains</i> (Limbah domestik dan industry)	80 mg/L	31%
<b>Peneliti</b>	<b>Limbah</b>	<b>Konsentrasi Awal</b>	<b>Kemampuan Penurunan</b>
		<b>COD</b>	<b>COD</b>
Chandra & Usha, dkk. (2016)	Limbah pabrik kertas	3000 mg/L	75%
Malla & Khan, dkk. 2015	<i>Sewage drains</i> (Limbah domestik dan industry)	181 mg/l	27%
El-Kassas & Mohamed, 2014	Limbah tekstil	51,2 mg/l	69,90 %

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, efisiensi removal untuk BOD maupun COD pada penelitian ini lebih rendah. Hal ini disebabkan karena perbedaan temperatur dan teknologi yang digunakan. Pada penelitian ini temperatur tidak dikontrol hingga temperatur optimum alga sehingga produktivitas alga lebih rendah dibandingkan penelitian sebelumnya. Namun jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Malla dan Khan (2015), efisiensi removal untuk parameter BOD lebih besar. Begitu juga dengan penurunan COD pada limbah artifisial. Penurunan maupun peningkatan parameter telah dirangkum pada **Tabel 4.7.** berikut ini:

**Tabel 4.7.** Parameter pada awal (hari ke 0) dan akhir  
(hari ke 13)

Parameter	Awal (hari ke 0)		Akhir (hari ke 13)	
	<i>Greywater</i>	Artifisial	<i>Greywater</i>	Artifisial
<b>BOD (mg/l)</b>	500	500	400	300
<b>COD (mg/l)</b>	726	1239	1188	923
<b>DO (mg/l)</b>	10	11.6	16	15.4
<b>pH</b>	6	6.02	6	6.42
<b>Intensitas Cahaya (Lux)</b>	3980	6250	4120	7220
<b>Temperatur (°C)</b>	30	30	29	30
<b>TSS (mg/l)</b>	75	188	277	493
<b>Klorofil a (mg/l)</b>	0.1	0.48	0.59	1.03

Pada **Tabel 4.7.** dapat dilihat kondisi awal limbah greywater dan artifisial yang diukur pada hari ke 0 dan kondisi akhir limbah yang diukur pada hari ke 13. Beberapa parameter mengalami peningkatan seperti kadar DO, pH, TSS, klorofil a, dan intensitas cahaya. Sedangkan untuk parameter BOD dan COD mengalami penurunan setelah treatment menggunakan ODAR.