

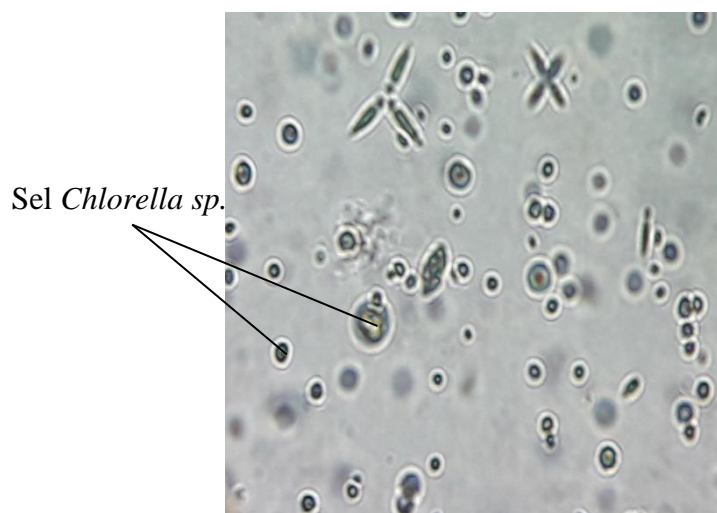
## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

#### 4.1 Identifikasi Alga

Sumber alga yang digunakan dalam penelitian ini adalah alga yang didapat dari kolam fakultatif IPLT (Instalasi Pengelolaan Limbah Tinja) Sewon, Bantul, Yogyakarta. Alga yang bersumber pada kolam tersebut telah beradaptasi dengan limbah air tinja. Penggunaan alga tersebut dipilih karena dianggap telah memiliki kemampuan dalam mengolah kandungan zat organik dan nutrient yang terdapat pada air limbah.

Berdasarkan identifikasi morfologi sel alga secara mikroskopik ditentukan alga dengan ciri-ciri morfologi sel berbentuk bulat, diameter selnya berkisar antara 2-10  $\mu\text{m}$ , 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. Hasil dari pengamatan mikroskop tersebut, ciri morfologi sel yang ditemukan merupakan ciri umum dari jenis alga yang paling dominan adalah *Chlorella sp* (Bellinger dan David, 2010).



**Gambar 4.1** Hasil pengamatan *Chlorella sp.* dengan mikroskop pembesaran 40x

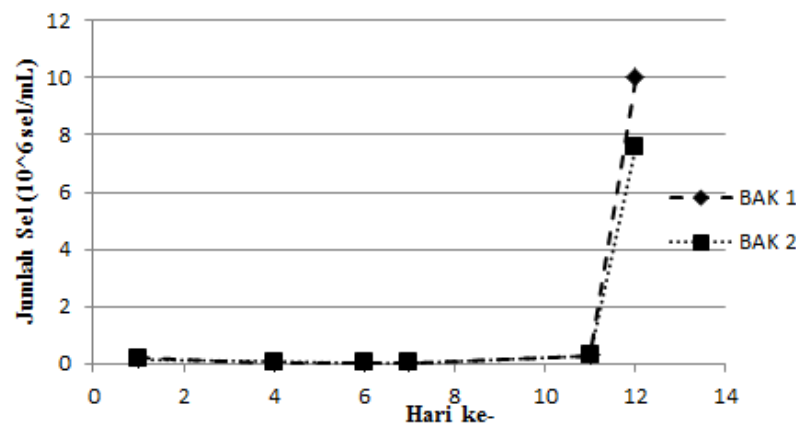
## 4.2 Mixing pada Alga Reaktor

Proses *mixing* atau pencampuran dilakukan agar terjadi pencampuran antara alga dengan air limbah. Proses *mixing* akan membuat air limbah terus bersirkulasi sehingga dapat meminimalisir zona mati yaitu kondisi anaerobik. Proses *mixing* dalam alga reaktor diperlukan agar sel alga selalu dapat berkontak dengan cahaya, dan membantu transfer CO<sub>2</sub> dan melepaskan O<sub>2</sub>. Proses *mixing* pada alga reaktor akan meningkatkan kontak dengan zat-zat nutrisi sehingga meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi (Su, 2012). Dalam penelitian ini proses *mixing* dilakukan dengan pompa *Luckiness Water Pump 1200* dengan debit maksimal 800 liter/jam. Proses *mixing* pada alga reaktor dalam penelitian ini terjadi secara merata karena terlihat pada pengamatan tidak terdapat endapan pada reaktor. Hal tersebut dikarenakan debit pompa telah mencukupi untuk proses pencampuran pada alga reaktor. Dengan proses *mixing* berarti telah meminimalisir zona-zona mati sehingga alga reaktor bukan proses anaerobik.

## 4.3 Seeding

Proses *seeding* alga *Chlorella sp.* dilakukan dengan mengambil bibit alga dan dikultur pada dua bak akuarium, karena dalam penelitian ini menggunakan dua variabel densitas alga yang berbeda. Bibit *Chlorella sp.* yang telah disiapkan kemudian dimasukkan ke dalam dua bak akuarium *seeding* yang masing-masing memiliki kapasitas 18 Liter. Air limbah yang digunakan dalam proses *seeding* ini merupakan air limbah buatan yang terbuat dari pupuk NPK dan gula pasir yang diencerkan dengan air sumur. Media kultur yang disiapkan sebanyak 12 Liter kemudian ditambah bibit *Chlorella sp.* sebanyak 6 Liter sesuai dengan penelitian Prabowo (2009) bahwa perbandingan antara medium kultur dengan bibit *Chlorella sp.* dalam volume total pada bak *seeding* yaitu 2/3 : 1/3. Proses *seeding* dilakukan selama 2 minggu hingga bak kultur berwarna hijau pekat dan jumlah sel alga yang didapat pada bak pertama mencapai  $10 \times 10^6$  sel/mL dan pada bak kedua mencapai  $7,6 \times 10^6$  sel/mL. Jumlah sel alga tersebut telah memenuhi  $6 \times 10^6$  sel/mL dan siap untuk dilakukan proses *running* sesuai dengan laporan Mulyanto dan Titin (2015). Setelah didapatkan kultur alga yang hijau pekat, sel

alga perlu disegarkan terlebih dahulu sebelum dilakukan proses *running* untuk menghindari stress pada alga akibat jumlah medium yang berlebih. Proses penyegaran dilakukan dengan memindahkan alga dari bak pembibitan ke bak kultur baru. Pada proses penyegaran menggunakan volume media kultur yang berbeda untuk mendapatkan densitas alga yang berbeda, karena pada penelitian ini menggunakan dua variabel densitas alga yang berbeda. Selain itu dilakukan pula analisis klorofil-a dan didapatkan nilai klorofil-a pada bak pertama adalah 0,4 mg/L dan 0,5 mg/L pada bak kedua. Konsentrasi tersebut telah memenuhi konsentrasi klorofil-a awal untuk reaktor sistem *batch* yaitu antara 0,22-1,3 mg/L (Septiani dkk, 2014).

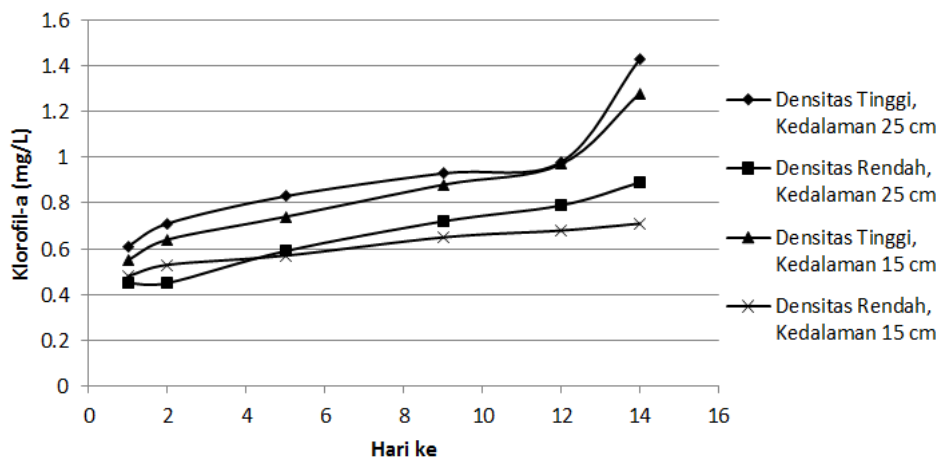


**Gambar 4.2** Pertumbuhan *Chlorella sp.* pada saat *seeding*

Dalam proses *seeding* terlihat alga pada hari ke-1 menunjukkan kerapatan selnya sebesar  $1,8 \times 10^5$  sel/mL pada bak pertama dan  $1,775 \times 10^5$  sel/mL pada bak kedua. Berdasarkan **Gambar 4.2** menunjukkan fase pertumbuhan alga *Chlorella sp.* pada kultur berturut-turut adalah proses fase adaptasi atau *lag phase* 4 hari (hari ke satu sampai hari ke empat), kemudian menurun pada hari ke lima sampai hari ke tujuh), fase eksponensial (hari ke delapan sampai hari kedua belas). Penurunan pada hari ke lima sampai hari ke tujuh dikarenakan pada pengamatan mikroskopik jumlah sel alga terlihat sangat banyak namun ukuran sel sangatlah kecil, sehingga sel alga yang sangat kecil tersebut dianggap tidak masuk ke dalam hitungan.

#### 4.4 Analisis Klorofil-a

*Chlorella sp.* termasuk fitoplankton dalam perairan yang memiliki kandungan klorofil-a. Klorofil-a berfungsi sebagai katalisator dalam proses fotosintesis alga. Sehingga klorofil-a selalu dikaitkan dengan jumlah fitoplankton atau indikator biomassa mikroalga dalam perairan (Sihombing et al., 2013).



**Gambar 4.3** Nilai Kandungan Klorofil-a saat *running* alga reaktor

Pada grafik **Gambar 4.3** menunjukkan hasil pengukuran rerata kandungan klorofil-a pada hari pertama menunjukkan peningkatan sampai hari keempat belas. Peningkatan klorofil-a yang cukup signifikan terjadi pada reaktor dengan densitas tinggi. Pada reaktor densitas tinggi, kedalaman 15 cm konsentrasi klorofil-a mencapai 1,28 mg/L dan pada reaktor densitas tinggi, kedalaman 25 cm nilai klorofil-a sebesar 1,43 mg/L. Sedangkan konsentrasi klorofil-a pada reaktor densitas rendah, kedalaman 15 cm dan densitas rendah, kedalaman 25 cm berturut-turut yaitu 0,71 mg/L dan 0,89 mg/L.

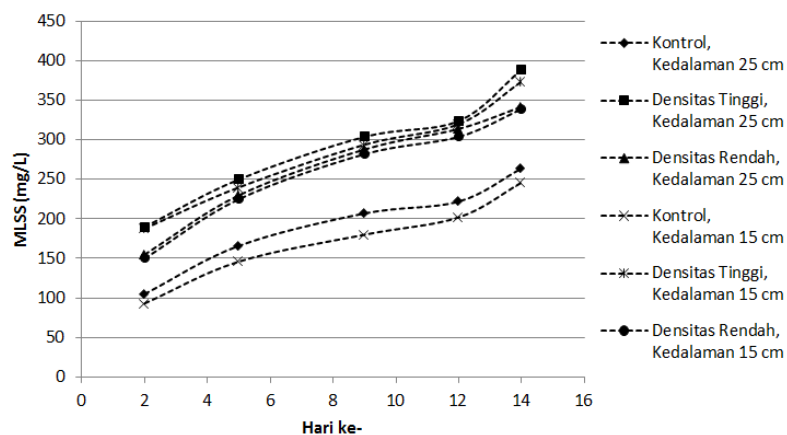
Reaktor kedalaman 25 cm mempunyai nilai konsentrasi klorofil-a lebih besar dibandingkan dengan reaktor kedalaman 15 cm. Hal ini sesuai dengan laporan Sumardiyono (2012) bahwa kedalaman cairan media alga dalam reaktor berpengaruh terhadap densitas alga. Jika kedalaman media kultur lebih dangkal, maka cahaya yang tersedia lebih banyak. Apabila sel mikroalga dikenai cahaya yang berlebih, fotosintesis akan terhambat, dengan demikian akan mempengaruhi

penurunan tingkat pertumbuhan sel alga. Proses ini dikenal sebagai penghambatan fotosintesis. Hal ini dikarenakan oleh reaksi foto oksidasi didalam sel, dimana cahaya yang berlebih tidak dapat diserap ke dalam alat fotosintesis.

Adapun faktor lainnya yang mempengaruhi peningkatan nilai klorofil-a yaitu adanya faktor penambahan gas CO<sub>2</sub> pada reaktor dengan laju suplai gas CO<sub>2</sub> sebesar 0,2 L/menit. Sesuai dengan laporan Budiyanoro (2017) menyatakan peningkatan optimum kadar klorofil-a terdapat pada medium yang tersuplai gas CO<sub>2</sub> sebesar 0,2 L/menit pada mikroalga *Chlorella sp.* yang mencapai 281,95 mg/m<sup>3</sup>. Dengan dilakukannya pengolahan kombinasi simbiosis alga-bakteri maka mampu memberikan peningkatan biomassa alga pada segi klorofil-a (**Gambar 4.3**). Sesuai dengan pendapat Xiaochen *et al.*, (2014), bakteri juga memiliki peran untuk meningkatkan pertumbuhan alga serta akumulasi biomassa pada fase eksponensial.

#### 4.5 Analisis MLSS

MLSS menunjukkan jumlah biomassa yang dihasilkan dari pengolahan air limbah kombinasi simbiosis alga dengan bakteri pada reaktor. Berdasarkan hubungan simbiosis yang terjadi antara alga dengan bakteri, semakin banyak jumlah bakteri maka akan semakin banyak CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dan kemudian digunakan oleh alga untuk berfotosintesis. Sehingga dengan meningkatnya jumlah bakteri akan dapat juga meningkatkan jumlah produksi alga (Putri dkk, 2014).

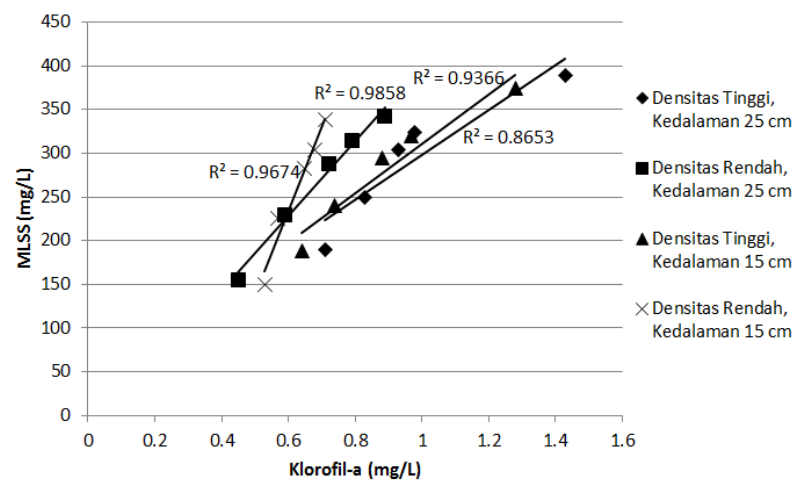


**Gambar 4.4** Nilai MLSS saat *running* alga reactor

Pada grafik **Gambar 4.4** menunjukkan bahwa nilai MLSS masing-masing reaktor mengalami peningkatan. Konsentrasi MLSS pada penelitian berkisar antara 93 – 389 mg/L. Peningkatan nilai MLSS dipengaruhi oleh banyaknya bahan organik yang dioksidasi. Bahan organik dioksidasi oleh mikroorganisme untuk menghasilkan energi yang nantinya energi tersebut digunakan untuk pertumbuhan mikroorganisme. Sehingga, semakin banyak jumlah bahan organik yang dioksidasi menyebabkan makin meningkat pula konsentrasi MLSS yang ada pada reaktor. Pada reaktor dengan densitas tinggi menunjukkan nilai MLSS yang tinggi dikarenakan konsentrasi MLSS juga dipengaruhi oleh konsentrasi klorofil-a. Nilai MLSS tergantung dari konsentrasi alga, bakteri, serta komponen-komponen yang tidak tervolatil. Oleh karena itu, nilai MLSS bergantung pada konsentrasi alga dan bakteri dalam reaktor (Septiani, 2014). Sementara itu, pada reaktor kontrol menunjukkan nilai MLSS lebih rendah daripada reaktor alga-bakteri dikarenakan pada reaktor kontrol tidak terdapat alga dan nilai MLSS bergantung pada mikroorganisme dan komponen-komponen yang tidak tervolatil.

#### 4.5.1.1 Korelasi Klorofil-a dengan MLSS

Pada penelitian ini, nilai MLSS mempresentasikan konsentrasi biomassa alga dan bakteri yang ada dalam air limbah. Konsentrasi Klorofil-a digunakan untuk menggambarkan jumlah alga yang terdapat pada reaktor.



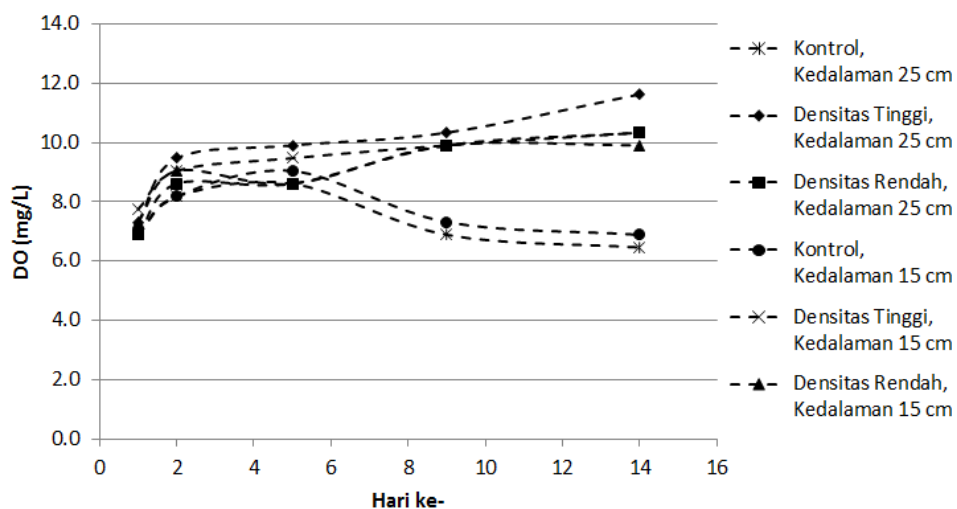
**Gambar 4.5** Korelasi Klorofil-a dengan MLSS saat *running* alga reactor

Nilai rerata korelasi antara klorofil-a dengan MLSS pada saat running yaitu 0,9. Nilai tersebut menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi klorofil-a maka semakin besar juga nilai MLSS. Nilai yang didapat pada rentang 0,9-1, menunjukkan bahwa hubungan keduanya kuat. Peningkatan nilai klorofil-a menunjukkan semakin banyaknya jumlah alga pada reaktor. Alga dapat menyediakan nutrisi bagi bakteri, seperti vitamin B12 (Croft *et al.*, 2005) yang nantinya nutrisi tersebut digunakan untuk pertumbuhan mikroorganisme. Sehingga biomassa alga-bakteri akan mengalami peningkatan.

#### 4.6 Analisis Parameter Kualitas Air

##### 4.6.1 DO (Dissolved Oxygen)

Adanya perubahan konsentrasi oksigen terlarut diamati untuk mengetahui pengaruh yang ada saat proses mengolah air limbah. Hal yang paling utama dalam proses mengolah limbah ini, alga merupakan makhluk hidup autotrof yang mampu berfotosintesis serta memproduksi  $O_2$ . Sementara itu, bakteri membutuhkan  $O_2$  dalam proses pemecahan zat organik. Sehingga akan menimbulkan hubungan timbal balik dalam proses memanfaatkan oksigen ( $O_2$ ). Berdasarkan hasil pengamatan hingga hari terakhir, konsentrasi oksigen terlarut pada reaktor alga secara umum menunjukkan peningkatan.

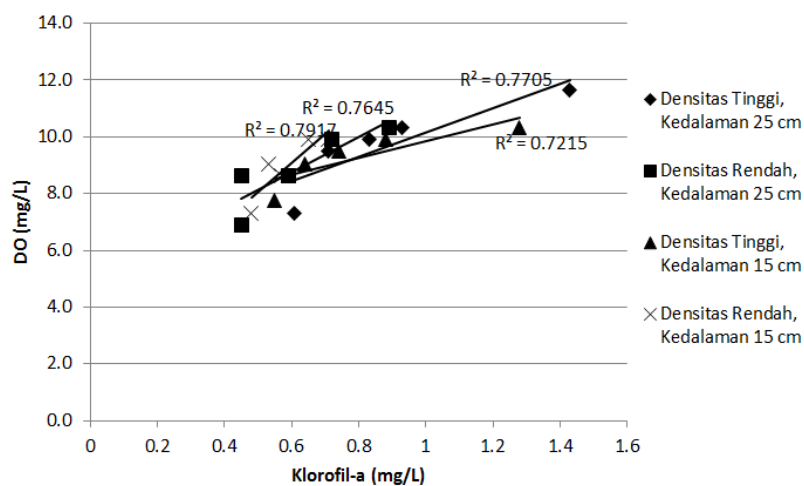


**Gambar 4.6** Kadar Oksigen Terlarut (DO) saat *running* alga reaktor

Pada grafik **Gambar 4.6** menunjukkan bahwa pada reaktor alga-bakteri menunjukkan nilai DO mengalami peningkatan sampai hari keempat belas. Kadar oksigen terlarut dalam pengolahan ini berkisar antara 6,5 – 11,6 mg/L. Kandungan DO tinggi ini disebabkan karena kurangnya pemanfaatan oksigen oleh bakteri sehingga nilai DO tinggi. Hal ini juga mengindikasikan bahwa kandungan zat organik pada air limbah rendah. Sementara itu, reaktor kontrol baik pada kedalaman 15 cm dan 25 cm yang hanya terdapat bakteri saja, nilai DO mengalami penurunan, hal ini menjelaskan bahwa oksigen yang ada sudah digunakan bakteri dalam proses oksidasi karbon seperti heterotrofik dan nitrifikasi (Su et al., 2012).

**4.6.1.1 Korelasi Klorofil-a dengan Kadar Oksigen Terlarut (DO)**

Nilai klorofil-a akan semakin bertambah apabila nilai oksigen terlarut (DO) semakin tinggi akibat adanya proses fotosintesis (Su et al., 2012). Dalam proses fotosintesis alga akan menyerap gas karbon dioksida dan menghasilkan oksigen.



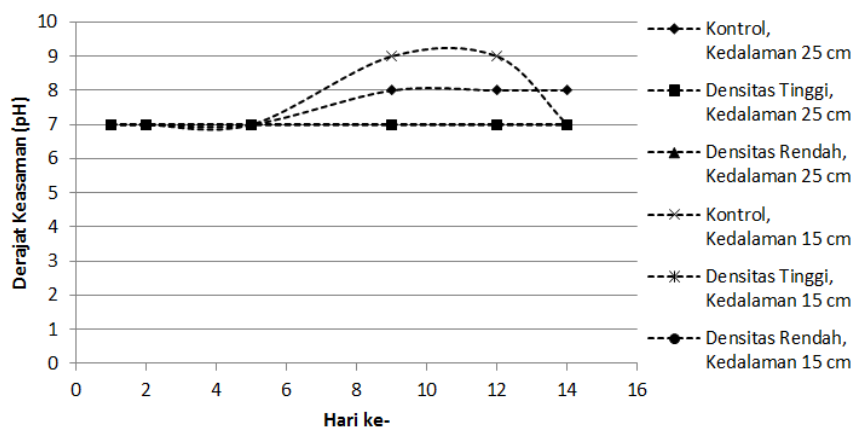
**Gambar 4.7** Korelasi Klorofil-a dengan Kadar DO saat *running* alga reaktor



Korelasi antara nilai klorofil-a dengan nilai kandungan oksigen terlarut (DO) memiliki nilai korelasi cukup kuat yaitu nilai rerata korelasi pada masing-masing reaktor diatas 0,7. Nilai tersebut dapat dikatakan bahwa semakin besar nilai DO, maka semakin besar juga nilai klorofil-a.

#### 4.6.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) memiliki peran sangat besar pada penurunan polutan limbah cair, karena secara umum bakteri berkembang dengan baik pada pH netral atau basa. Penambahan alga ke dalam limbah cair memberikan pengaruh terhadap pH. Grafik pada **Gambar 4.8** menunjukkan bahwa rerata derajat keasaman (pH) pada reaktor alga-bakteri adalah 7, sedangkan pada reaktor kontrol menunjukkan rentang pH antara 7-9. Menurut Prihatini *et al.*, (2015), pH yang baik bagi pertumbuhan *Chlorella sp.* yaitu 5-9, dengan pH optimum yaitu 7.



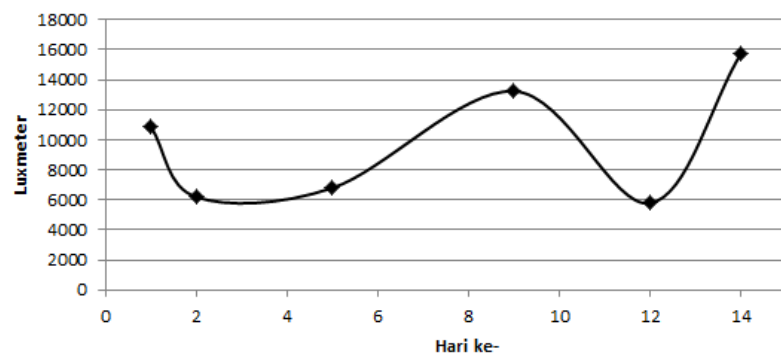
**Gambar 4.8** Derajat Keasaman tiap reaktor saat *running* alga reaktor

Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa faktor densitas dan kedalaman reaktor tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai pH dikarenakan adanya penambahan gas CO<sub>2</sub>, saat pH meningkat ketika proses fotosintesis, nilai pH akan dijaga dengan reaksi pembentukan asam bikarbonat (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) oleh reaksi CO<sub>2</sub> dengan air pada reaktor. Hal tersebut sesuai dengan laporan Posadas *et al.*, (2015), bahwa penambahan gas CO<sub>2</sub>, pH pada air limbah

dapat dikontrol sehingga pH tidak mengalami peningkatan. Pertumbuhan mikroalga dipengaruhi oleh pH atau derajat keasaman. Selain itu, pH dapat memodifikasi  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{CO}_3^-/\text{CO}_2^-/\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ , ketersediaan dan keseimbangan fosfor dan logam berat yang berpengaruh pada pemanfaatan fosfor dan nitrogen (Su, 2012).

#### 4.6.3 Intensitas Cahaya

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga yaitu intensitas cahaya. Mikroalga memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber energi untuk mengoksidasi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ , saat fotosintesis (Su, 2012). Pengujian intensitas cahaya dilakukan pada pukul 11.00 WIB. Hasil pengamatan dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.

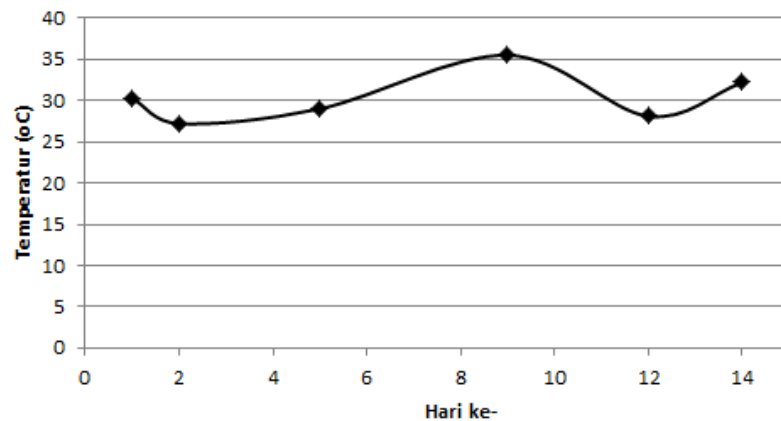


**Gambar 4.9** Hasil Pengujian Intensitas Cahaya saat *running* alga reaktor

Berdasarkan grafik menunjukkan intensitas cahaya yang berbeda-beda setiap hari. Perbedaan ini karena mengikuti kondisi alami lingkungan tempat pengambilan data. Hasil menunjukkan rentang intensitas cahaya yaitu 5790 hingga 13250 lux. Hal ini menunjukkan intensitas cahaya belum pada pertumbuhan maksimum *Chlorella* yaitu pada intensitas cahaya 10800 – 50000 lux (Mulyanto et al., 2015).

#### 4.6.4 Temperatur

Rentang suhu diantara 20°C sampai 30°C dapat meningkatkan efisiensi pengolahan air limbah kombinasi simbiosis alga-bakteri (Su, 2012). Pada **Gambar 4.10** menunjukkan suhu 27°C–35 °C yang mana mikroalga masih dalam rentang suhu berfotosintesis yang baik.

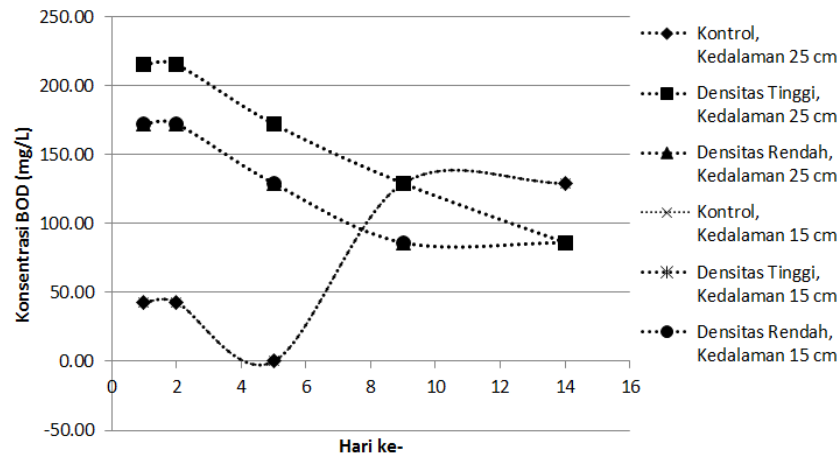


**Gambar 4.10** Temperatur air didalam reaktor saat *running* alga reaktor

Berdasarkan grafik menunjukkan temperatur yang sama pada tiap reaktor. Pada densitas dan kedalaman alga reaktor yang berbeda menunjukkan nilai temperatur yang sama. Hal tersebut menunjukkan bahwa densitas dan kedalaman alga reaktor tidak berpengaruh terhadap nilai temperatur. Nilai temperatur mengalami fluktuatif yang disebabkan berubahnya paparan sinar matahari ke reaktor. Adanya perubahan paparan sinar matahari disebabkan faktor cuaca saat proses pengambilan data dilakukan.

#### 4.7 Analisis BOD

Kebutuhan oksigen biologi (BOD) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme pada saat pemecahan bahan organik, pada kondisi aerobik. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi (Salmin, 2005).



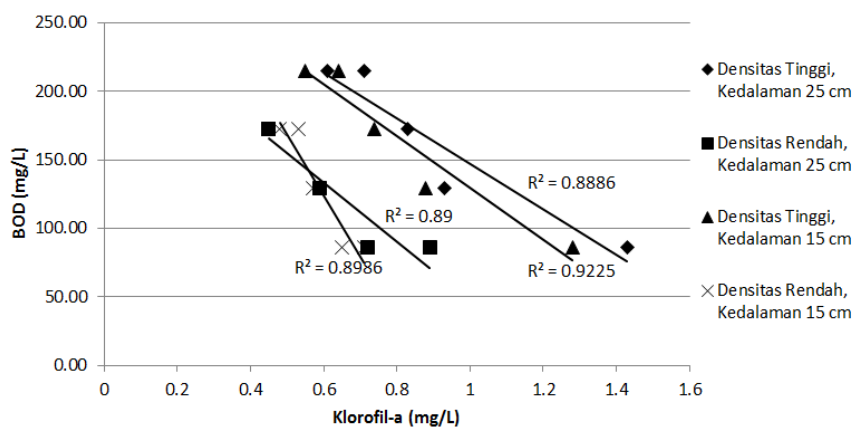
**Gambar 4.11** Penurunan BOD dalam berbagai reaktor saat *running* alga reaktor

Pada grafik **Gambar 4.11** 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 reaktor kontrol kedalaman 15 cm dan 25 cm mengalami kenaikan pada hari ke sembilan dikarenakan terjadinya *lysis* mikroorganisme. Pada *lysis* mikroorganisme akan meningkatkan konsentrasi COD dan mempengaruhi peningkatan konsentrasi BOD. BOD tinggi juga menunjukkan bahwa jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik dalam air tersebut tinggi, hal ini berarti dalam air sudah terjadi defisit oksigen. Banyaknya mikroorganisme yang tumbuh dalam air disebabkan banyaknya makanan yang tersedia (bahan organik), oleh karena itu secara tidak langsung BOD selalu dikaitkan dengan kadar bahan organik dalam air (Tatangindatu, 2013).

#### 4.7.1 Korelasi BOD terhadap Klorofil-a

Klorofil-a merupakan pigmen yang memiliki peran dalam proses fotosintesis mikroalga. Sehingga klorofil-a selalu berkaitan terhadap jumlah fitoplankton atau indikator biomassa mikroalga dalam perairan (Sihombing *et al.*, 2013). Oleh karena itu, klorofil-a sebagai indikasi dari kedua hal yang dikorelasikan pada penurunan BOD.



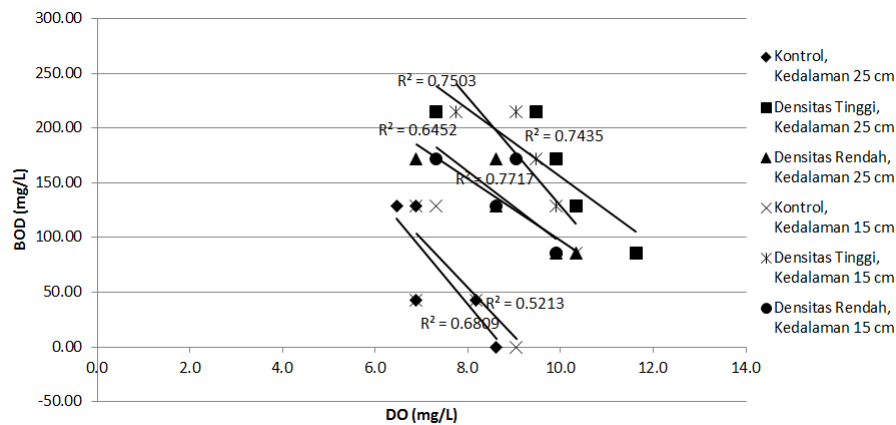
**Gambar 4.12** Korelasi klorofil-a dalam penurunan BOD

Pada grafik **Gambar 4.12** 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. Penambahan CO<sub>2</sub> 0,2 L/menit juga dapat meningkatkan nilai efisiensi penyisihan BOD, karena dengan penambahan CO<sub>2</sub> dapat meningkatkan proses fotosintesis mikroalga. Gas karbon dioksida dimanfaatkan alga sebagai karbon, sehingga meningkatkan penyisihan bahan organik yang dimanfaatkan mikroalga sebagai nutrient.

#### 4.7.2 Korelasi BOD terhadap DO

Mikroalga merupakan organisme fitoplankton yang dapat berfotosintesis. Hasil fotosintesis alga akan menghasilkan oksigen (O<sub>2</sub>). Oksigen yang dihasilkan

dari proses fotosintesis dapat digunakan oleh mikroorganisme pengurai air limbah untuk mengoksidasi bahan organik menjadi sel-sel baru, sedangkan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh mikroorganisme pengurai digunakan oleh alga sebagai sumber karbon.

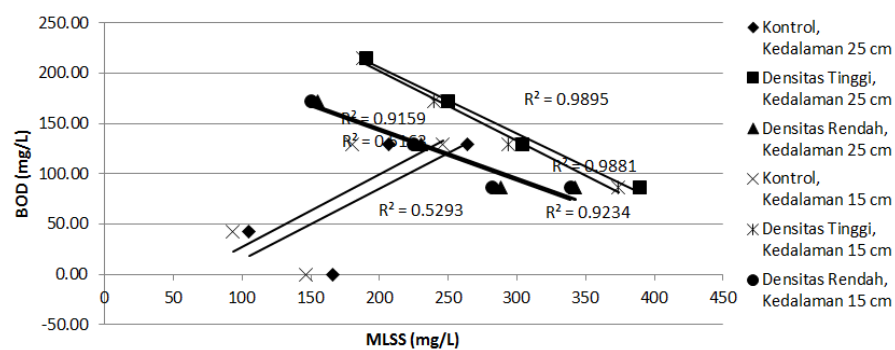


**Gambar 4.13** Korelasi DO dalam penurunan BOD

Berdasarkan grafik **Gambar 4.13** 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. Pada reaktor dengan kedalaman 15 cm mempunyai nilai DO lebih tinggi daripada reaktor dengan kedalaman 25 cm. Hal ini sesuai dengan laporan (Salmin, 2005) yang menyatakan bahwa pada permukaan rendah, kadar oksigen akan lebih tinggi, karena adanya proses difusi antara air dengan udara bebas serta adanya proses fotosintesis. Dengan bertambahnya kedalaman akan terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, karena proses fotosintesis semakin berkurang dan kadar oksigen yang ada banyak digunakan untuk pernapasan dan oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik. Oleh karena itu, reaktor kedalaman 15 cm lebih cepat mengoksidasi bahan organik daripada reaktor kedalaman 25 cm.

### 4.7.3 Korelasi BOD terhadap MLSS

Nilai MLSS menggambarkan konsentrasi biomassa alga dan bakteri heterotropik yang terdapat dalam reaktor. Nilai MLSS terdiri dari konsentrasi alga, bakteri serta komponen-komponen yang tidak tervolatil (Septiani, 2014). Oleh karena itu, nilai MLSS sebagai indikasi dari kedua hal yang dikorelasikan pada penurunan BOD.

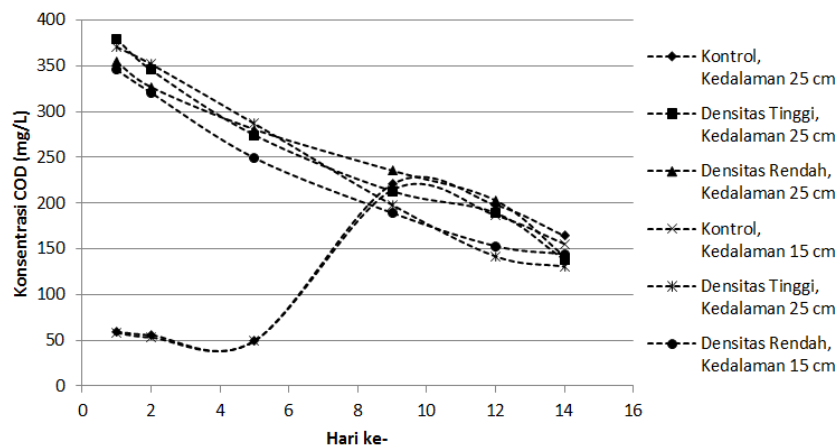


**Gambar 4.14** Korelasi MLSS dalam penurunan BOD

Berdasarkan grafik **Gambar 4.14** menunjukkan nilai korelasi antara MLSS terhadap penurunan BOD pada reaktor alga-bakteri 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. Peningkatan konsentrasi MLSS ini disebabkan adanya aktivitas bakteri dalam mengoksidasi bahan organik yang terdapat pada limbah. Semakin banyak bahan organik yang dioksidasi maka menyebabkan peningkatan nilai MLSS sehingga konsentrasi BOD pada reaktor menurun. Sementara itu, tren reaktor kontrol yang ditunjukkan pada **Gambar 4.14** berbeda dengan tren reaktor alga-bakteri. Hal tersebut dikarenakan pada reaktor kontrol baik kedalaman 15 cm maupun 25 cm terjadi peningkatan konsentrasi BOD pada hari ke lima hingga hari keempat belas.

#### 4.8 Analisis COD

Analisis COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat pada limbah cair dengan memanfaatkan oksidator kalium dikromat sebagai sumber oksigen terlarut. Pada **Gambar 4.15** menunjukkan konsentrasi COD dalam berbagai reaktor pada saat *running*. Reaktor pada masing-masing alga-bakteri mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh densitas dan kedalaman alga reaktor yang berbeda. Pada masing-masing reaktor alga bakteri mengalami peningkatan nilai klorofil-a sehingga mempengaruhi penurunan nilai konsentrasi COD. 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.



**Gambar 4.15** Penurunan COD dalam berbagai reaktor saat *running* alga reaktor

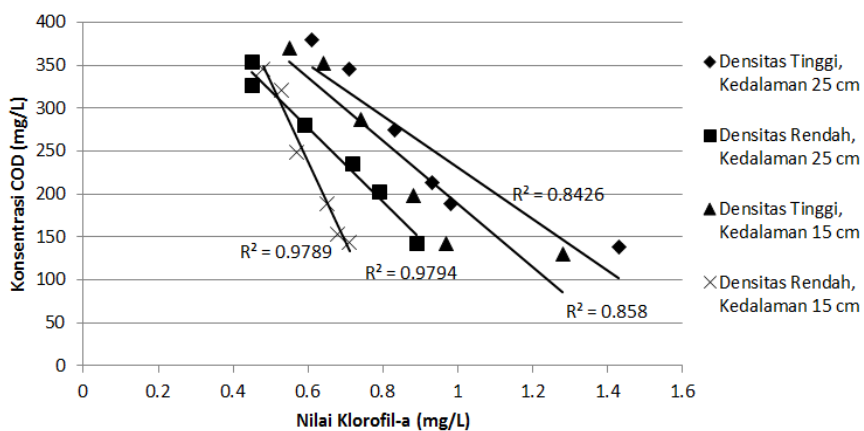
Reaktor dengan densitas awal 0,5 mg/L pada kedalaman 15 cm lebih baik menurunkan kadar COD daripada kedalaman 25 cm. Pada permukaan yang lebih rendah, kadar oksigen akan lebih tinggi, karena adanya proses difusi antara air dengan udara bebas serta adanya proses fotosintesis (Salmin, 2005). Sehingga pada permukaan yang rendah mikroorganismenya akan lebih cepat menguraikan bahan organik karena adanya kadar DO yang tinggi. Berdasarkan grafik penurunan COD, menunjukkan bahwa densitas tinggi dapat menurunkan kadar



COD lebih baik daripada densitas rendah. Sementara itu, kedalaman reaktor 15 cm dan 25 cm tidak menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan. Pada reaktor kontrol dengan kedalaman 25 cm maupun 15 cm konsentrasi COD lebih fluktuatif. Pada hari pertama hingga hari ke lima mengalami penurunan kemudian pada hari ke sembilan meningkat lalu menurun kembali hingga hari keempat belas. Hal ini menunjukkan bahwa reaktor 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). Oleh karena itu konsentrasi COD pada pertengahan penelitian mengalami peningkatan kemudian menurun kembali menyebabkan fluktuasi konsentrasi COD.

#### 4.8.1 Korelasi COD terhadap Klorofil-a

Penurunan COD tergantung pada banyaknya mikroalga dan fotosintesis yang dilakukan. Sementara itu klorofil-a merupakan pigmen yang memiliki peran dalam proses fotosintesis mikroalga. Sehingga klorofil-a selalu berkaitan terhadap jumlah fitoplankton atau indikator biomassa mikroalga dalam perairan (Sihombing *et al.*, 2013). Oleh karena itu, klorofil-a sebagai indikasi dari kedua hal yang dikorelasikan pada penurunan COD.

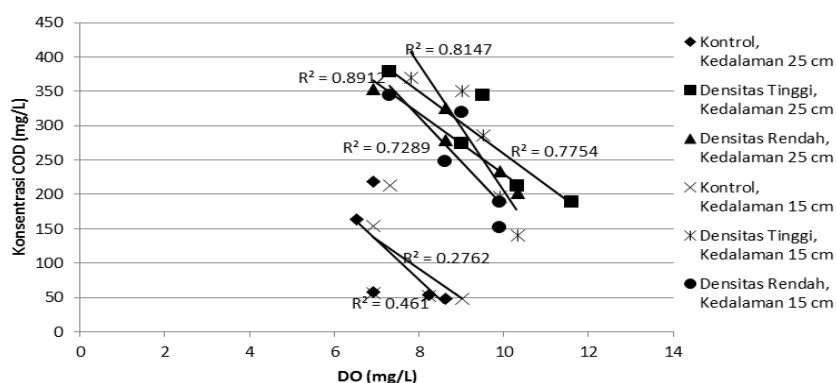


**Gambar 4.16** Korelasi Klorofil-a dengan penurunan COD

Pada **Gambar 4.16** 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. Adapun penambahan gas CO<sub>2</sub> 0,2 L/menit dapat meningkatkan proses fotosintesis mikroalga sehingga dapat menghasilkan gas O<sub>2</sub> yang optimum bagi bakteri dalam menguraikan senyawa-senyawa organik yang terdapat pada limbah cair. Alga juga dapat menyediakan nutrisi bagi bakteri, seperti vitamin B12 (Croft *et al.*, 2005). Bakteri memiliki peran dalam meningkatkan pertumbuhan alga dan akumulasi biomassa selama fase eksponensial. Hal itu juga berlaku sebaliknya bahwa alga memfasilitasi pertumbuhan bakteri.

#### 4.8.2 Korelasi COD terhadap DO

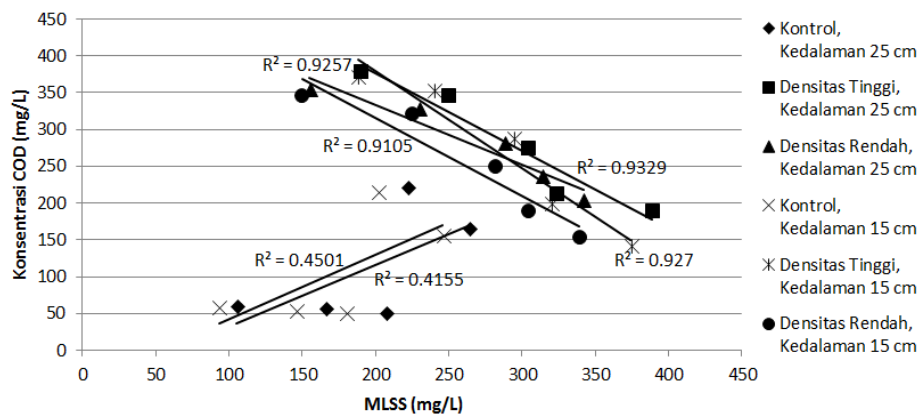
Berdasarkan grafik **Gambar 4.17** menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan antara reaktor alga-bakteri dengan bakteri. Nilai korelasi DO terhadap penurunan COD pada rentang 0,7-0,8. Nilai tersebut menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara DO dengan penurunan COD. Semakin tinggi nilai DO maka semakin 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 4.17** Korelasi DO dengan penurunan COD

### 4.8.3 Korelasi COD terhadap MLSS

Pada grafik **Gambar 4.18** 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 4.18** Korelasi MLSS pada penurunan COD

### 4.9 Efisiensi Penyisihan BOD

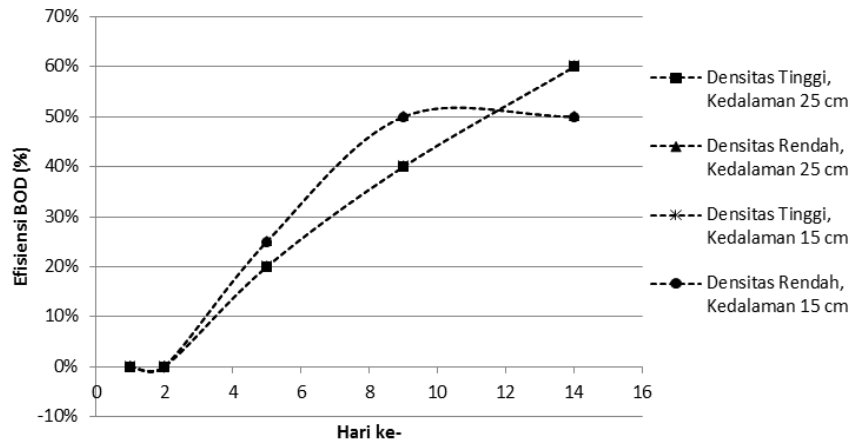
Tingkat penyisihan BOD pada pengolahan reaktor alga ini dapat dihitung berdasarkan masing-masing reaktor. Perhitungan dapat dilakukan dengan melihat konsentrasi awal BOD dan konsentrasi akhir BOD. Efisiensi penyisihan (%) dihitung menggunakan rumus:

$$(\%) = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots(4.1)$$

Keterangan:  $C_{in}$  = Konsentrasi BOD Awal

$C_{out}$  = Konsentrasi BOD Akhir

Hasil dari efisiensi dapat dilihat dalam **Gambar 4.19** berikut:



**Gambar 4.19** Efisiensi Penyisihan BOD

Efisiensi penyisihan BOD pada **Gambar 4.19** menunjukkan peningkatan efisiensi penyisihan BOD pada masing-masing reaktor kombinasi alga-bakteri. Nilai efisiensi penyisihan BOD pada reaktor densitas tinggi kedalaman 25 cm, densitas rendah kedalaman 25 cm, densitas tinggi kedalaman 15 cm dan densitas rendah kedalaman 15 cm berturut-turut yaitu 60%, 50%, 60% dan 50%. Pada reaktor densitas tinggi menunjukkan nilai efisiensi yang lebih baik. Hal tersebut dikarenakan konsentrasi alga pada reaktor tinggi, mikroalga menghasilkan O<sub>2</sub> dan nutrisi bagi bakteri, seperti vitamin B<sub>12</sub> yang akan digunakan bakteri untuk mengoksidasi bahan organik. Sementara itu, kedalaman reaktor 15 cm dan 25 cm tidak menunjukkan hasil yang berbeda.

**4.10 Efisiensi Penyisihan COD**

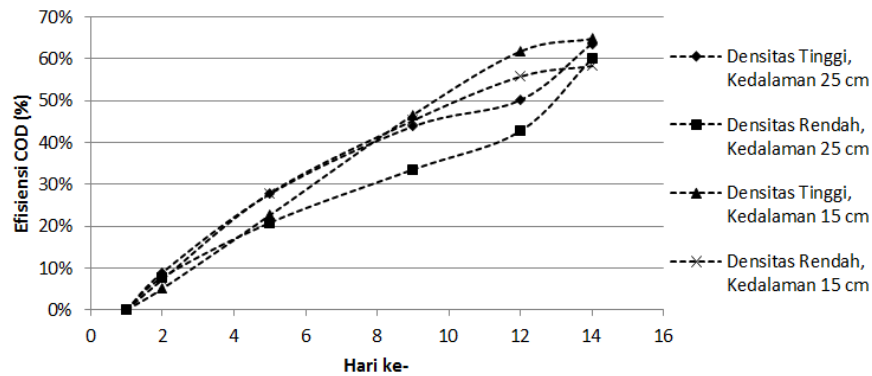
Tingkat penyisihan COD pada pengolahan reaktor alga ini dapat dihitung berdasarkan masing-masing reaktor. Perhitungan dapat dilakukan dengan melihat konsentrasi awal COD dan konsentrasi akhir COD. Efisiensi penyisihan (%) dihitung menggunakan rumus:

$$(\%) = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots(4.2)$$

Keterangan: C<sub>in</sub> = Konsentrasi COD Awal

C<sub>out</sub> = Konsentrasi COD Akhir

Hasil dari efisiensi dapat dilihat dalam **Gambar 4.20** berikut:



**Gambar 4.20** Efisiensi Penyisihan COD

Efisiensi penyisihan COD pada **Gambar 4.20** menunjukkan peningkatan efisiensi penyisihan COD pada masing-masing reaktor kombinasi alga-bakteri. Nilai efisiensi penyisihan COD pada reaktor densitas tinggi kedalaman 25 cm, densitas rendah kedalaman 25 cm, densitas tinggi kedalaman 15 cm, dan densitas rendah kedalaman 15 cm berturut-turut yaitu 63,6%; 60%; 64,8% dan 58,2%. Pada reaktor kontrol 15 cm dan 25 cm mengalami peningkatan pada hari ke sembilan. Meningkatnya konsentrasi COD dikarenakan adanya *lysis* (pecahnya sel mikroorganisme). Pada saat terjadi *lysis*, bahan organik yang terdapat dalam sel mikroorganisme akan terukur sebagai COD (Septiani dkk, 2014).