EFEKTIFITAS PENYERAPAN KARBONDIOKSIDA (CO_2) PADA FOTOBIOREAKTOR DENGAN MENGGUNAKAN MIKROALGA *Chlorella sp* DAN *Spirulina platensis*

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Oleh :

RIFAN ARDYANSYAH

NIM. 105080101111041

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2015

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

EFEKTIFITAS PENYERAPAN KARBONDIOKSIDA (CO_2) PADA FOTOBIOREAKTOR DENGAN MENGGUNAKAN MIKROALGA *Chlorella sp* DAN *Spirulina platensis*

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
Di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya

Oleh :

RIFAN ARDYANSYAH

NIM. 105080101111041

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2015

EFEKTIFITAS PENYERAPAN KARBONDIOKSIDA (CO_2) PADA FOTOBIOREAKTOR DENGAN MENGGUNAKAN MIKROALGA *Chlorella sp* DAN *Spirulina plantensis*

Oleh :

RIFAN ARDYANSYAH

NIM. 105080101111041

telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 30 Januari 2015
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
SK Dekan No:_____
Tanggal:_____

Menyetujui,

Dosen Penguji I

Dosen Pembimbing I

(Ir. Herwati Umi S., MS)
NIP. 19520902 198003 2 001
Tanggal :

(Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H., MS)
NIP. 19570704 198403 2 001
Tanggal :

Dosen Pembimbing II

(Dr. Ir. Umi Zakiyah, M.Si)
NIP. 19610303 198602 2 001
Tanggal :

Mengetahui,
Ketua Jurusan

(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS)
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal:

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, Januari 2015

Mahasiswa

Rifan Ardyansyah

105080101111041

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Sujud dan terimakasih yang sangat dalam saya persembahkan kepada Ibuku (Anis Solichah) dan Ayahku (Sumarso) tercinta serta adikku tersayang atas dorongan yang kuat baik materiil ataupun immaterial, kebijaksanaan dan doa yang tiada henti.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H, MS dan Ibu Dr. Ir. Umi Zakiyah, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan wawasan selama penyelesaian skripsi ini.
4. Ibu Ir. Herwati Umi S.,MS selaku dosen penguji saya yang telah membantu dalam penyempurnaan skripsi ini.
5. Teman-teman MSP 2010, teman-teman kontrakan Bantaran (Ember, Joko, Jambrong, Hagi, Embah, Cucur dan Pani) dan teman-teman yang tidak dapat saya sebut namanya satu-persatu yang telah memberikan bantuan dan do'a dalam penyelesaian skripsi ini.
6. St. Nissa Baiek, Putri Saphira Ibrahim, Sarah Lia Asmaranik teman seperjuangan dari awal kuliah sampai jadi saudara angkat seperti saat ini yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
7. Ucapan terima kasih secara spesial saya sampaikan kepada Arik Marfu'ah (Ayyiikk), teman hidup dan masa depan saya yang selalu memberikan do'a, dukungan, bantuan dan semangatnya demi terselesainya skripsi ini.

Malang, Januari 2015

Penulis

RINGKASAN

RIFAN ARDYANSYAH. Skripsi. Efektifitas Penyerapan Karbondioksida (CO_2) Pada Fotobioreaktor Dengan Menggunakan Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*. (Dibawah Bimbingan **Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H., MS** dan **Dr. Ir. Umi Zakiyah, M.Si**).

Karbondioksida (CO_2) merupakan gas yang dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup, salah satunya yaitu digunakan dalam proses fotosintesis tumbuhan hijau. Mikroalga termasuk dalam mikroorganisme yang memiliki pigmen hijau sehingga dapat melakukan proses fotosintesis. Dalam proses fotosintesis mikroalga memanfaatkan gas karbondioksida (CO_2) sebagai bahan baku untuk mereproduksi sel-sel tubuhnya, salah satunya yaitu jenis *Chlorella sp* yang termasuk kelas *Chlorophyta* (pigmen hijau) dan *Spirulina platensis* yang termasuk dalam kelas *Cyanophyta* (pigmen hijau-biru) sehingga keduanya mampu memanfaatkan karbondioksida (CO_2) untuk melakukan proses fotosintesis. Oleh karena itu dilakukan penelitian ini dengan membandingkan efektifitas penyerapan gas karbondioksida (CO_2) antara *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* yang memiliki kandungan pigmen berbeda.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas penyerapan karbondioksida (CO_2) dalam fotobioreaktor dan mengetahui kelimpahan yang paling efektif dari jenis mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*.

Penelitian ini dilakukan dengan mengkultur mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* yang dialiri gas karbondioksida (CO_2) dalam sistem fotobioreaktor. Parameter yang diukur yaitu konsentrasi gas karbondioksida, kelimpahan mikroalga, dan parameter pendukung (suhu, pH, salinitas, CO_2 terlarut, O_2 terlarut, nitrat dan fosfat).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial terdapat 2 kombinasi perlakuan (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*) dan 3 taraf kelimpahan ($100x10^4$, $200x10^4$, dan $300x10^4$ sel/ml).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dengan perlakuan kelimpahan yang berbeda tidak memiliki perbedaan nyata dalam menyerap karbondioksida (CO_2). Sehingga dapat disimpulkan dari kedua mikroalga tersebut mampu memanfaatkan karbondioksida untuk proses fotosintesis. Tetapi *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* memiliki perbedaan yang nyata dalam laju pertumbuhannya. Dari kedua jenis mikroalga tersebut, *Spirulina platensis* kelimpahan $300x10^4$ sel/ml mempunyai laju pertumbuhan paling tinggi.

Pengukuran kualitas air sebagai faktor pendukung pertumbuhan mikroalga pada penelitian ini didapatkan suhu sebesar 28,7-30,3 ^oC; pH sebesar 7,7-9; salinitas sebesar 35-40 ppt; CO_2 terlarut sebesar 3,51-14,63 mg/L; O_2 terlarut sebesar 8,31-9,81 mg/L; Nitrat sebesar 0,1775-1,7635 mg/L; dan Fosfat sebesar 0,1175-0,617 mg/L.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat ALLAH SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Mu dapat menyajikan laporan skripsi yang berjudul "EFEKTIFITAS PENYERAPAN KARBONDIOKSIDA (CO_2) PADA FOTOBIOREAKTOR DENGAN MENGGUNAKAN MIKROALGA *Chlorella sp* DAN *Spirulina platensis*" disajikan pokok-pokok bahasan meliputi kultur mikroalga, sistem fotobioreaktor, karbondioksida dalam biogas, efektifitas gas karbondioksida oleh mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis.*

Sangat disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kekurang-tepatan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

COVER ..... **i**
HALAMAN JUDUL ..... **ii**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **iii**
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS ..... **iv**
RINGKASAN ..... **vi**
KATA PENGANTAR ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR TABEL ..... **x**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xii**

1. PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Tujuan Penelitian 6
1.4 Kegunaan 6
1.5 Hipotesis 6
1.6 Tempat dan Waktu Penelitian 6

2. TINJAUAN PUSTAKA **7**
2.1 Mikroalga 7
2.1.1 *Chlorella sp* 9
2.1.2 *Spirulina platensis* 11
2.2 Fotosintesis 12
2.2.1 Reaksi Terang 13
2.2.2 Reaksi Gelap 14
2.3 Karbondioksida (CO_2) 16
2.4 Fotobioreaktor 17

3. METODE PENELITIAN **20**
3.1 Materi Penelitian 20
3.2 Alat dan Bahan Penelitian 20
3.3 Metode Penelitian 20
3.4 Tahapan Penelitian 22
3.5 Analisis Pengukuran Gas Karbondioksida (CO_2) 22
3.6 Prosedur Penelitian 23
3.6.1 Persiapan Media Kultur Mikroalga 23
3.6.2 Kultur Mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*) 24
3.6.3 Persiapan Media Mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*) 24
3.6.4 Rancangan Fotobioreaktor 25
3.7 Pengukuran dan Analisis Parameter Kualitas Air 26
3.7.1 Suhu 27
3.7.2 pH (Derajat Keasaman) 27
3.7.3 Karbondioksida (CO_2) Terlarut 27
3.7.4 Oksigen (O_2) Terlarut 28
3.7.5 Nitrat (NO_3^-) 28
3.7.6 Fofat (PO_4^{3-}) 29
3.8 Pengukuran dan Analisa Parameter Parameter Gas Karbondioksida (CO_2) dan Gas Oksigen (O_2) 29

3.9 Perhitungan Kelimpahan Sel Mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*)..... 30
3.10 Perhitungan Efektifitas Penyerapan Gas Karbondioksida (CO_2) Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*..... 31
3.11 Analisis Data..... 31

4. HASIL DAN PEMBAHASAN..... 33
4.1 Data Hasil Pengamatan..... 33
4.1.1 Kandungan Karbondioksida (CO_2) yang Diserap oleh (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*)..... 33
4.1.2 Kelimpahan Mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*) Terhadap Penyerapan Gas Karbondioksida (CO_2)..... 36
4.2 Analisis Hubungan Konsentrasi Gas Karbondioksida (CO_2) Terhadap Kelimpahan Mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*)..... 40
4.3 Konsentrasi Gas Karbondioksida (CO_2) yang Diserap oleh Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*..... 45
4.4 Efektifitas Penyerapan Gas Karbondioksida (CO_2) Terhadap Kelimpahan Sel Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dalam Fotobioreaktor..... 46
4.4.1 *Chlorella sp*..... 46
4.4.2 *Spirulina platensis*..... 47
4.5 Analisis Kualitas Air..... 48
4.5.1 Suhu..... 48
4.5.2 pH..... 50
4.5.3 Salinitas..... 52
4.5.4 CO_2 Terlarut..... 53
4.5.5 O_2 Terlarut..... 55
4.5.6 Nitrat (NO_3^-)..... 57
4.5.7 Fosfat (PO_4^{3-})..... 58

5. KESIMPULAN DAN SARAN..... 60
5.1 Kesimpulan..... 60
5.2 Saran..... 60

DAFTAR PUSTAKA..... 61

LAMPIRAN..... 67

DAFTAR TABEL

Tabel **Halaman**

1. Kombinasi Perlakuan Jenis Mikroalga dan Kelimpahan Mikroalga Berbeda 21

2. Tabel Sidik Ragam Penyerapan Karbondioksida (CO_2) oleh Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*..... 35

3. Tabel Sidik Ragam Kelimpahan Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* Terhadap Penyerapan Karbondioksida (CO_2) . 39

DAFTAR GAMBAR

Gambar **Halaman**

1. Grafik Fase Pertumbuhan Mikroalga 7
2. *Chlorella sp* 9
3. *Spirulina sp* 11
4. Reaksi Dalam Fotosintesis 13
5. Siklus Calvin Dalam Reaksi Gelap 15
6. Rancangan Fotobioreaktor 26
7. *Gas Analyzer* Merk Stargas 898 30
8. Grafik Penurunan Gas Karbondioksida (CO_2) oleh Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* 33
9. Grafik Fase Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* 37
10. Grafik Hubungan Kadar Karbondioksida (CO_2) Terhadap Kelimpahan Mikroalga 40
    a. *Chlorella sp* 40
    b. *Spirulina platensis* 41
11. Grafik Korelasi Penyerapan Gas Karbondioksida (CO_2) dan Kelimpahan Mikroalga Chlorella sp dan Spirulina platensis 44
12. Grafik Perubahan Suhu Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* 49
13. Grafik Perubahan pH Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* 50
14. Grafik Perubahan Salinitas Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* 52
15. Grafik Perubahan CO_2 Terlarut Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* 54
16. Grafik Perubahan O_2 Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* 56
17. Grafik Perubahan Nitrat Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* 57
18. Grafik Perubahan Fosfat Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* 59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran **Halaman**

1. Alat Penelitian dan Fungsi 67
2. Bahan Penelitian dan Fungsi 68
3. Data Hasil Pengamatan 69
4. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Konsentrasi Gas Karbondioksida (CO_2) yang diserap Oleh Mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*) 70
5. Analisis Sidik Ragam 71
6. Korelasi Penyerapan Gas CO_2 dan Kelimpahan Sel Mikroalga 75
7. Perhitungan Efektifitas Penyerapan Karbondioksida (CO_2) 77
8. Data Hasil Pengamatan Kualitas Air 78
9. Dokumentasi Penelitian 80

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gas karbondioksida (CO_2) merupakan senyawa kimia yang terdiri atas dua atom oksigen (O_2) berikatan kovalen dengan satu atom karbon (C). Selain memilki efek yang berbahaya, karbondioksida (CO_2) juga mempunyai manfaat pada proses fotosintesis. Fotosintesis memerlukan karbondioksida (CO_2) dan air agar dapat menghasilkan karbohidrat (Septiawan, 2011). Menurut Muchib (2012), pemanfaatan karbondioksida (CO_2) juga dapat dijumpai pada proses pembuatan roti yang berfungsi sebagai pengembang roti dengan bantuan ragi. Selain itu karbondioksida (CO_2) dalam bentuk padat (es kering) juga digunakan untuk mendinginkan es krim. Pada produk minuman khususnya yang bersoda, gas timbul pada minuman tersebut adalah karbondioksida (CO_2) yang membebaskan diri. Gas Karbondioksida (CO_2) juga bermanfaat sebagai bahan pemadam kebakaran, dimana yang disemburkan pada api melalui selang pemadam kebakaran tersebut akan segera menyelimuti api, sehingga api tidak akan terkena kontak dengan oksigen sehingga pembakaran akan terhenti, karena pembakaran terhenti, maka api dapat segera padam.

Gas karbondioksida (CO_2) merupakan salah satu gas rumah kaca yang dominan diduga sebagai penyebab permasalahan pemanasan global. Pemanasan global merupakan isu yang paling banyak mendapat perhatian pada saat ini. Meningkatnya kadar gas-gas rumah kaca di atmosfir bumi akan menyebabkan kenaikan suhu global serta perubahan pola curah hujan. Semua itu terjadi karena perkembangan industri, peningkatan jumlah kendaraan bermotor, akibat dari gundulnya hutan dan sebagainya (Santoso, *et al.,* 2011). Menurut BPPT (2010), efek rumah kaca telah meningkatkan suhu rata-rata bumi 1-5°C. Bila kecenderungan peningkatan gas rumah kaca tetap seperti sekarang

akan menyebabkan peningkatan pemanasan global antara 1,5 - 4,5°C sekitar tahun 2030. Dengan meningkatnya konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) di atmosfer, maka akan semakin banyak gelombang panas yang dipantulkan dari permukaan bumi diserap atmosfer. Hal ini akan mengakibatkan suhu permukaan bumi menjadi meningkat, serta dampak-dampak negatif lainnya. Peningkatan gas rumah kaca (*green - house gases*) disebabkan pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batu bara yang melepaskan gas karbondioksida (CO_2).

Menurut Setiawan, *et al.,* (2008), pemanasan global telah menjadi isu penting di dunia yang menyebabkan beberapa dampak negatif bagi kehidupan manusia. Salah satu indikator yang digunakan dalam menganalisis isu pemanasan global adalah bertambahnya gas rumah kaca, terutama gas karbondioksida (CO_2), secara cepat akibat kegiatan manusia. Sejauh ini, berbagai upaya telah mulai dilakukan oleh manusia untuk mengurangi dampak pemanasan global, seperti program penanaman kembali (reboisasi), penghematan energi, penggunaan energi baru dan terbarukan dan pemanfaatan berbagai teknologi *Carbon Capture and Storage (CCS)*. Menurut Schneider (1989) *dalam* Santoso, *et. al*,. (2011), topik penelitian tentang *Carbon Capture and Storage (CCS)* telah menjadi perhatian utama di kalangan ilmuwan dan akademisi dalam kurun waktu 5-10 tahun belakangan ini. Topik ini pada tahun-tahun mendatang diprediksi akan semakin menonjol mengingat semakin banyak pihak yang tertarik pada teknologi ini dalam upaya pencegahan terhadap gejala pemanasan global.

Di Indonesia upaya penelitian tentang *Carbon Capture and Storage (CCS)* lebih berkembang ke arah teknologi secara biologi, salah satunya yaitu menggunakan mikroalga. Menurut Abdurrachman (2013), mikroalga merupakan kelompok tumbuhan berukuran renik yang termasuk dalam kelas alga, diameternya antara 3-30 µm, bersel tunggal maupun koloni yang hidup di seluruh

wilayah perairan tawar maupun laut. Menurut Chisti (2007), mikroalga mampu memanfaatkan sinar matahari dan karbondioksida (CO_2) untuk proses fotosintesis. Mikroalga merupakan tanaman yang paling efisien dalam menangkap dan memanfaatkan energi matahari dan karbondioksida (CO_2) untuk keperluan fotosintesis. Hal tersebut menyebabkan mikroalga memiliki waktu pertumbuhan yang cepat dibandingkan dengan tanaman darat, yaitu mulai dari hitungan hari sampai beberapa minggu. Mikroalga yang hidup melayang di permukaan air dan pergerakannya lebih banyak dibantu oleh pergerakan arus, merupakan salah satu biota yang dapat dimanfaatkan sebagai penyerap gas karbondioksida (CO_2) secara maksimal. Proses penyerapan karbondioksida (CO_2) oleh mikroalga terjadi pada saat fotosintesis. Menurut Setiawan, *et al.,* (2008), mikroalga dipilih untuk digunakan menyerap karbondioksida (CO_2), karena meskipun jumlah biomassa mikroalga hanya 0,05% biomassa tumbuhan darat namun jumlah unsur C (karbon) yang dapat digunakan dalam proses fotosintesis adalah sama dengan jumlah unsur C (karbon) yang difiksasi oleh tumbuhan darat. Menurut Chiu, S.Y (2007), mikroalga dapat digunakan secara efisiensi dalam penyerapan karbondioksida (CO_2) karena dapat tumbuh dengan cepat serta siap untuk digunakan pada suatu sistem *engineering* seperti fotobioreaktor.

Fotobioreaktor merupakan suatu reaktor yang dirakit dari bahan tembus pandang (gelas, *akrilic*, plastik) yang dilengkapi dengan instalasi *suplay* media dan emisi gas untuk mengkultur mikroalga dalam rangka penyerapan gas karbondioksida (CO_2) (Widyaningrum, *et al*., 2013). Teknologi fotobioreaktor yang diterapkan pada mikroalga dinilai efektif mereduksi emisi karbondioksida (CO_2) karena kemampuan mikroalga dalam mengabsorbsi karbondioksida (CO_2) dalam proses fotosintesisnya (Chen *et al.,* 2006 *dalam* Santoso *et al.,* 2011).

Salah satu jenis fitoplankton yang populer dan paling banyak digunakan untuk membantu dalam penyerapan karbondioksida (CO_2) pada fotobioreaktor adalah: *Chlorella sp. Chlorella sp* adalah jenis fitoplankton bersel tunggal dan memiliki kandungan protein yang sangat tinggi, sehingga tidak hanya digunakan untuk pakan bagi benih perikanan saja, namun juga digunakan oleh manusia untuk bahan pangan dan bahan dasar kosmetik (Dewi dan Gultom, 2009). Selain itu, *Chlorella sp* juga terbukti mampu menjaga kualitas air dengan baik. *Chlorella sp* mampu mengendalikan kadar karbondioksida (CO_2) dan menyerap beberapa senyawa beracun dalam perairan. Selain *Chlorella sp* jenis mikroalga yang dapat digunakan untuk menyerap karbondioksida (CO_2) adalah *Spirulina platensis*, karena *Spirulina platensis* juga mempunyai pigmen hijau yang digunakan untuk fotosintesis. Menurut Yuliandri (2013), mikroalga jenis *Spirulina platensis* memiliki pigmen hijau (klorofil) sehingga dapat melakukan fotosintesis. Dalam proses fotosintesis tersebut gas karbondioksida (CO_2) diperlukan sebagai bahan baku untuk pembentukan senyawa metabolit dan biomassa. Mikroalga *Spirulina platensis* memiliki tingkat pertumbuhan yang relatif singkat sehingga kebutuhan gas karbondioksida (CO_2) cukup tinggi. Dengan demikian mikroalga *Spirulina platensis* cocok sebagai media untuk membantu penurunan kadar karbondioksida (CO_2).

Melihat hal tersebut maka dilakukan penelitian mengenai penyerapan karbondioksida (CO_2) pada fotobioreaktor dengan menggunakan mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*. Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Nurdiansyah (2012) menyimpulkan bahwa *Chlorella sp* secara efektif dapat menurunkan konsentrasi karbondioksida (CO_2) dalam kondisi terang dan kondisi gelap. Ditambahkan oleh Karsono (2012), pada sistem fotobioreaktor *Chlorella sp* dapat mereduksi kandungan unsur hara yang terkandung di dalam limbah cair tahu yang meliputi CO_2, DO, ammonia, nitrat dan fosfat. Kandungan tersebut

dapat dimanfaatkan oleh *Chlorella sp* dengan kisaran masing-masing 50%. Oleh karena itu dilakukan penelitian ini dengan membandingkan efektifitas penyerapan karbondioksida (CO_2) antara *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* yang memiliki kandungan pigmen berbeda. Dalam penelitian ini pembiakan *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* akan menggunakan sistem fotobioreaktor dengan membedakan kelimpahannya. Untuk menentukan kelimpahan digunakan metode pengenceran, sesuai dengan penelitian Prihantini, *et al.,* (2005) jumlah sel yang digunakan sebagai inokulum berkisar $2x10^6$ sel/ml sudah memberikan hasil yang baik dalam penyerapan karbondioksida (CO_2).

1.2 Rumusan Masalah

Konsentrasi karbondioksida (CO_2) di udara semakin meningkat. Karena pemanfaatan energi dari bahan bakar fosil yang menghasilkan karbondioksida (CO_2) berlebih. Karbondioksida (CO_2) dibutuhkan oleh mikroalga untuk melakukan fotosintesis, dimana karbondioksida (CO_2) digunakan untuk reproduksi sel-sel tubuhnya. Kemampuan inilah yang digunakan untuk menyerap karbondioksida (CO_2). *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* adalah jenis mikroalga yang mempunyai pigmen hijau untuk fotosintesis. Oleh karena itu *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* mampu mengendalikan kadar karbondioksida (CO_2) dan menyerap beberapa senyawa beracun dalam perairan.

Berdasarkan uraian diatas maka dapat ditarik permasalahan sebagai berikut :

- Bagaimana efektifitas *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dalam menyerap karbondioksida (CO_2) pada sistem fotobioreaktor?
- Berapakah kelimpahan yang paling efektif dari masing-masing jenis mikroalga dalam proses penyerapan karbondioksida (CO_2) pada sistem fotobioreaktor?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Mengetahui efektifitas penyerapan karbondioksida (CO_2) dalam fotobioreaktor oleh mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis.*
- Mengetahui kelimpahan yang paling efektif dari masing-masing jenis mikroalga dalam penyerapan gas karbondioksida (CO_2) pada sistem fotobioreaktor.

1.4 Kegunaan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada pembaca mengenai efektifitas penyerapan karbondioksida (CO_2) dalam fotobioreaktor oleh mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis.*

1.5 Hipotesis

H_0 : diduga bahwa antara *Chlorella sp* dan *Spirulina plantesis* dengan kelimpahan yang berbeda tidak memiliki perbedaan dalam penyerapan gas karbondioksida (CO_2).

H_1 : diduga bahwa antara *Chlorella sp* dan *Spirulina plantesis* dengan kelimpahan yang berbeda memiliki perbedaan dalam penyerapan gas karbondioksida (CO_2).

1.6 Tempat dan Waktu Penelitian

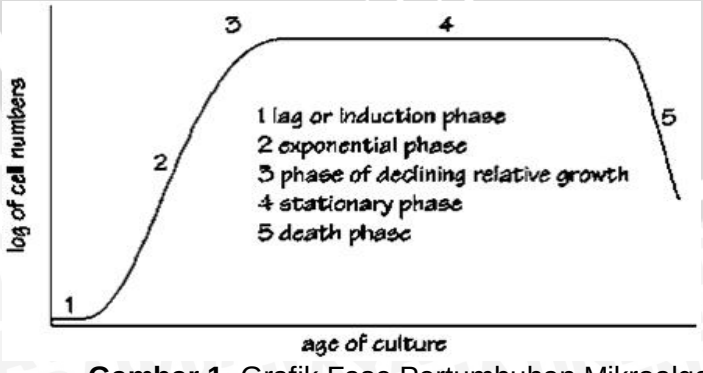
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Motor Bakar, Fakultas Teknik, Laboratorium Repoduksi Ikan, Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan dan Laboratorium Keamanan Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang pada Bulan September-Nopember 2014.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikroalga

Mikroalga atau ganggang renik adalah organisme tumbuhan yang berukuran sangat kecil dan hanya dapat dilihat menggunakan mikroskop. Seperti ganggang pada umumnya, alga mikro juga hidup, tumbuh dan berkembang melalui proses fotosintesis yang melibatkan hara (nutrien), sinar matahari dan air (H_2O) (BPPT, 2010). Menurut Panggabean (2007), mikroalga merupakan mikroba tumbuhan air yang berperan penting dalam lingkungan sebagai produsen primer, disamping bakteri dan fungi ada di sekitar kita. Sebagian besar mikroalga mampu melakukan fotosintesis, mempunyai klorofil untuk menangkap energi matahari dan karbondioksida (CO_2) menjadi karbon organik yang berguna sebagai sumber energi bagi kehidupan konsumer seperti copepoda, larva moluska, udang dan lain-lain. Selain perannya sebagai produser primer, hasil sampingan fotosintesis mikroalga yaitu oksigen juga berperan bagi respirasi biota sekitarnya.

Menurut Nugraha (2012), terdapat lima fase pertumbuhan mikroalga yang terdiri dari fase lag (adaptasi atau istirahat), fase eksponensial, fase penurunan kecepatan pertumbuhan (deklinasi), fase stationer dan fase kematian. Fase tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Fase Pertumbuhan Mikroalga.
Sumber : Google Images, (2014)

Fase-fase pertumbuhan mikroalga dapat dilihat pada Gambar 1 yang dijelaskan oleh Nugraha (2012), yaitu sebagai berikut:

1. Fase Lag

Fase ini dimulai setelah penambahan inokulan ke dalam media kultivasi sampai beberapa saat waktu. Pada fase ini mikroalga masih mengalami proses adaptasi sehingga belum terjadi proses pembelahan sel.

2. Fase Eksponensial (Logaritmik)

Fase ini dimulai dengan pembelahan sel dengan laju pertumbuhan yang meningkat secara intensif. Bila kondisi kultivasi optimum maka laju pertumbuhan pada fase ini dapat mencapai nilai maksimum.

3. Fase Deklinasi

Fase ini ditandai oleh pembelahan sel tetap terjadi, namun tidak seintensif pada fase sebelumnya sehingga laju pertumbuhannya pun menjadi menurun dibandingkan fase sebelumnya.

4. Fase Stationer

Fase ini ditandai oleh laju reproduksi dan laju kematian relatif sama sehingga peningkatan jumlah sel tidak lagi terjadi atau tetap sama dengan sebelumnya (stasioner). Kurva kelimpahan yang dihasilkan dari fase ini adalah membentuk suatu garis datar, garis ini menandai laju produksi dan laju kematian sebanding.

5. Fase Kematian

Fase ini ditandai dengan angka kematian yang lebih besar dari pada angka pertumbuhannya sehingga terjadilah penurunan jumlah kelimpahan sel dalam wadah kultivasi. Fase ini ditandai dengan perubahan kondisi media seperti warna, pH dan temperatur dalam medium.

Alga jenis tertentu memiliki pigmen hijau (klorofil) sehingga dapat melakukan proses fotosintesis. Dalam proses fotosintesis tersebut gas

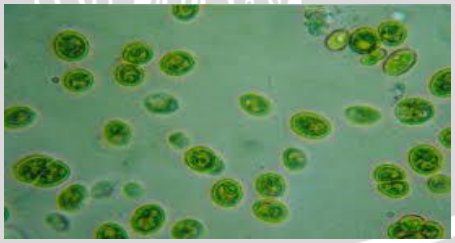
karbondioksida (CO_2) diperlukan sebagai bahan baku untuk pembentukan senyawa metabolit dan biomassa. Alga memiliki tingkat pertumbuhan yang relatif cepat, sehingga kebutuhan gas karbondioksida (CO_2) cukup tinggi. Dengan demikian alga cocok untuk digunakan sebagai karbon sink untuk membantu penurunan kadar karbondioksida (CO_2) di udara. Karena bersifat heterotrof, sebagian besar alga membutuhkan cahaya dan karbondioksida (CO_2). Tiap spesies alga memiliki kondisi tumbuh yang spesifik sehingga membutuhkan sistem kultur yang berbeda satu sama lain (Mulyanto, 2010).

Kapasitas fotosintesis dari semua fitoplankton yang ada di laut lebih besar daripada seluruh flora yang ada di daratan (Rostini, 2007). Alasan utama pemilihan fitoplankton sebagai biota yang dapat dimanfaatkan secara optimal untuk mengurangi emisi karbondioksida (CO_2) adalah karena meskipun jumlah biomasa fitoplankton hanya 0,05% dari biomassa tumbuhan darat namun jumlah karbon yang dapat digunakan dalam proses fotosintesis sama dengan jumlah unsur C yang difiksasi oleh tumbuhan darat (Setiawan *et. al.,* 2008).

2.1.1 *Chlorella sp*

Menurut Dewi dan Gultom (2009), *Chlorella sp*. termasuk divisi Chlorophyta. Klasifikasinya adalah:

Divisi	: Chlorophyta
Kelas	: Chlorophyceae
Ordo	: Chlorococcales
Sub-ordo	: Autosporinaceae
Familia	: Chlorellaceae
Genus	: *Chlorella*
Spesies	: *Chlorella sp*



Gambar 2. *Chlorella sp*
Sumber: (Googleimages, 2014)

Chlorella sp yang dapat dilihat pada Gambar 2 merupakan mikroalga yang termasuk dalam kelas alga hijau atau *Chlorophycea*. Mikroalga ini belum memiliki akar, batang, dan daun sejati tetapi telah memiliki pigmen klorofil

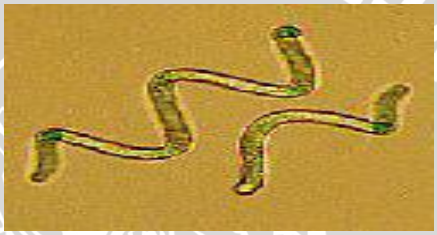
sehingga bersifat fotoautotrof. Tubuhnya terdiri atas satu sel (uniseluler) dan ada juga yang bersel banyak (multiseluler), dengan sifat yang cenderung membentuk koloni. *Chlorella sp* melakukan reproduksi tipe aseksual, yaitu dengan pembelahan diri tipe mitosis. Selnya bereproduksi dengan membentuk dua sampai delapan sel yang terdapat dalam sel induk dan akan dilepaskan jika kondisi lingkungan mendukung (Kawaroe, *et al*., 2010 *dalam* Harnadiemas, 2012). Pertumbuhan *Chlorella sp* sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, diantaranya unsur hara dalam media kultur serta kualitas air seperti salinitas, pH, suhu, dan intensitas cahaya yang optimum (Nurhayati, 2013). *Chlorella sp* tumbuh pada media yang mengandung unsur hara, seperti nitrogen, fosfor, kalium. *Chlorella sp* akan tumbuh baik pada temperatur optimal 25^{0}C. Nutrisi yang diperlukan alga dalam jumlah besar adalah karbon, nitrogen, fosfor, sulfur, natrium, magnesium, kalsium. Sedangkan unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah relatif sedikit adalah besi, tembaga, mangan, seng, dan kobalt (Chalid, 2014).

Ganggang hijau *Chlorella sp*, terutama dari jenis *Chlorella vulgaris* telah dibudidayakan dan diproses dengan tekhnologi tinggi menjadi sumber makanan yang bernilai gizi tinggi. *Chlorella sp* yang telah diproses dijual sebagai bahan makanan tambahan dalam bentuk bubuk, tablet, atau kapsul. *Chlorella sp* mengandung klorofil mencapai 2-3% dari beratnya. *Chlorella sp* juga mengandung protein dengan kadar 55-60%, vitamin C, vitamin E, kalsium, kalium, dan magnesium. Klorofil dan nutrien pada *Chlorella sp* inilah yang berperan memberikan manfaat untuk kesehatan jika dikonsumsi. Produk komersil *Chlorella sp* ada yang dikombinasikan dengan jenis ganggang lain, misalnya *Spirulina* (ganggang hijau biru) (Aryulina, 2004).

2.1.2 *Spirulina platensis*

Spirulina platensis merupakan makhluk hidup autotrof berwarna kehijauan, kebiruan, dengan sel berkolom membentuk filamen terpilin menyerupai spiral (*helix*) sehingga disebut juga alga biru hijau berfilamen (*cyanobacterium*). Bentuk tubuh *Spirulina platensis* yang menyerupai benang merupakan rangkaian sel yang berbentuk silindris dengan dinding sel yang tipis, berdiameter 1-12 mikrometer. Filamen *Spirulina platensis* hidup berdiri sendiri dan dapat bergerak bebas (Hariyati, 2008). Klasifikasi *Spirulina platensis* menurut Bold dan Wayne (1985) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Protista
Divisi : Cyanophyta
Kelas : Cyanophyceae
Ordo : Nostocales
Famili : Oscilatoriaceae
Genus : *Spirulina*
Spesies : *Spirulina plantesis*



Gambar 3. *Spirulina sp*
Sumber: (Suwanto, 2009)

Spirulina platensis yang dapat dilihat pada Gambar 3 adalah salah satu jenis mikroalga yang cocok dikembangkan sebagai agen absorben karbondioksida (CO_2). Alga jenis *Spirulina platensis* memiliki pigmen hijau (klorofil) sehingga dapat melakukan fotosintesis. Proses fotosintesis tersebut gas karbondioksida (CO_2) diperlukan sebagai bahan baku pembentukan senyawa metabolit dan biomassa. Alga *Spirulina platensis* memiliki tingkat pertumbuhan yang relatif singkat sehingga kebutuhan gas karbondioksida (CO_2) cukup tinggi. Dengan demikian alga *Spirulina platensis* cocok sebagai media untuk membantu penurunan kadar karbondioksida (CO_2). Karena bersifat heterotrof sebagian besar alga membutuhkan cahaya dan karbondioksida (CO_2) (Kurniawan dan Gunarto, 1999 *dalam* Santoso, *et, al*., 2011).

Menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995), *Spirulina platensis* berkembang biak dengan cara membelah diri. Pembelahan diawali dengan

memutus filamen menjadi satu satuan sel yang akan membentuk filamen baru. Pemutusan filamen yang telah masak merupakan awal daur hidup fitoplankton ini. Pemutusan filamen ini akan membentuk semacam piringan yang terpisah-pisah. Hasil pembelahan tersebut akan berkoloni membentuk hormogonia yang dapat memisahkan diri dari filamen induk menjadi filamen baru.

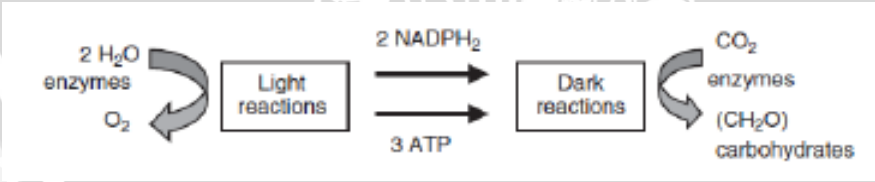
Mikroalga *Spirulina platensis* selain berpotensi untuk menghasilkan biomassa seperti protein, vitamin, karbohidrat, dan nutrisi lain untuk bahan makanan kesehatan juga mampu melakukan proses fotosintesis. Pada proses fotosintesis mikroalga *Spirulina platensis* memanfaatkan energi cahaya menjadi energi ATP untuk pertumbuhan dan pembentukan senyawa karbon (fiksasi CO_2), maka faktor cahaya menjadi sangat penting bagi pertumbuhan dan produksi biomassa *Spirulina platensis* (Dianursanti, 2007). *Spirulina platensis* merupakan salah satu pakan alami larva udang dan ikan yang mempunyai nilai gizi tinggi. Kandungan protein pada *spirulina platensis* berkisar antara 63-68 %, karbohidrat 18-20 %, dan lemak 2-3 %, dengan kandungan protein yang tinggi ini maka *Spirulina platensis* mempunyai sumber protein yang potensial bagi makhluk hidup baik manusia atau pun hewan ternak (Hariyati, 2008).

2.2 Fotosintesis

Menurut Rianawati (2009), fotosintesis adalah proses pembuatan makanan pada tumbuhan hijau. Pengertian fotosintesis dalam Kamus Biologi adalah peristiwa penggabungan karbondioksida (CO_2) dan air secara kimiawi dalam klorofil untuk membentuk karbohidrat dengan bantuan cahaya matahari sebagai sumber energi. Ditambahkan oleh Harnadiemas (2012), Fotosintesis adalah suatu proses biokimia yang dilakukan tumbuhan, alga, dan beberapa jenis bakteri untuk menghasilkan makanan dengan memanfaatkan energi cahaya. Hampir semua makhluk hidup bergantung dari energi yang dihasilkan

dari fotosintesis. Akibatnya fotosintesis menjadi sangat penting bagi kehidupan di bumi. Fotosintesis juga mengasilkan sebagian besar oksigen yang terdapat di atmosfer bumi. Organisme yang menghasilkan energi melalui fotosintesis disebut sebagai fototrof.

Menurut Abdurrachman (2013), fotosintesis menggambarkan sebuah proses yang unik dari konversi energi sinar matahari. Dalam prosesnya, senyawa anorganik dan energi cahaya dikonversi menjadi senyawa organik oleh organisme fotoautotrof. Fotosintesis dapat digambarkan sebagai reaksi reduksi-oksidasi yang dikendalikan oleh energi cahaya yang diserap oleh klorofil, dimana karbondioksida (CO_2) dan air dikonversi menjadi karbohidrat dan oksigen. Konversi tersebut dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu reaksi terang (*light reaction*) dan reaksi gelap (*dark reaction*). Pada tahap reaksi terang yang berlangsung dalam membran fotosintesis, energi cahaya dikonversi menjadi energi kimia yang terdiri dari $NADPH_2$ dan ATP. Kemudian pada tahap rekasi gelap, yang berlangsung dalam stroma, $NADPH_2$ dan ATP dimanfaatkan sebagai reduktor biokimia untuk mengubah karbondioksida menjadi karbohidrat. Reaksi dalam proses fotosintesis dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Reaksi dalam Proses Fotosintesis
Sumber : googleimages, (2014)

2.2.1 Reaksi Terang

Menurut Dwidjoseputro (1989), reaksi terang atau reaksi *Hill* mengakibatkan molekul air pecah menjadi hidrogen dan oksigen, peristiwanya dapat dituliskan sebagai berikut : $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$

H_2 yang terlepas ditampung oleh koenzim NADP. Dalam hal demikian NADP dikatakan menjadi akseptor H_2, dan bentuknya menjadi $NADPH_2$, O_2 tetap dalam keadaan bebas. Fotolisis inilah merupakan pendahuluan dalam proses fotosintesis, bahwa sinar hanya perlu untuk memecahkan air.

Pada reaksi cahaya, cahaya diabsorbsi oleh klorofil, kemudian elektron–elektron klorofil ini menangkap energi yang tinggi. Beberapa elektron dari energi yang tinggi ini digunakan oleh sel untuk memproduksi ATP dan ADP. Dalam peristiwa ini terjadi pembebasan O_2 dan H_2O ke udara. Sedangkan atom hidrogen dari H_2O bersama–sama dengan elektron yang berasal dari klorofil untuk digunakan selanjutnya (Abidin, 1984).

Menurut Heddy (1987), reaksi terang mempunyai sifat-sifat :

- Untuk berlangsungnya reaksi ini perlu adanya energi cahaya matahari
- Tidak peka terhadap suhu
- Kecepatan reaksi fitokimia relatif lebih besar dari gelap

Pembentukan dari karbondioksida (CO_2) terjadi dengan reaksi reduksi dari karbondioksida (CO_2) dengan unsur H yang dibebaskan. Karena itu reaksi fotosintesis (pemecahan air oleh cahaya) besar sekali kemungkinannya untuk menghasilkan reduktan yang dapat digunakan untuk mereduksi karbondioksida (CO_2), dan reaksi reduksi karbondioksida (CO_2) menjadi karbohidrat memerlukan energi dalam bentuk ATP. Berdasarkan hal tersebut cahaya diubah menjadi energi kimia. Energi kimia ini akan digunakan untuk membentuk reduksi yakni $NADPH_2$ dan energi kimia dalam bentuk ikatan phosfat berenergi tinggi (ATP).

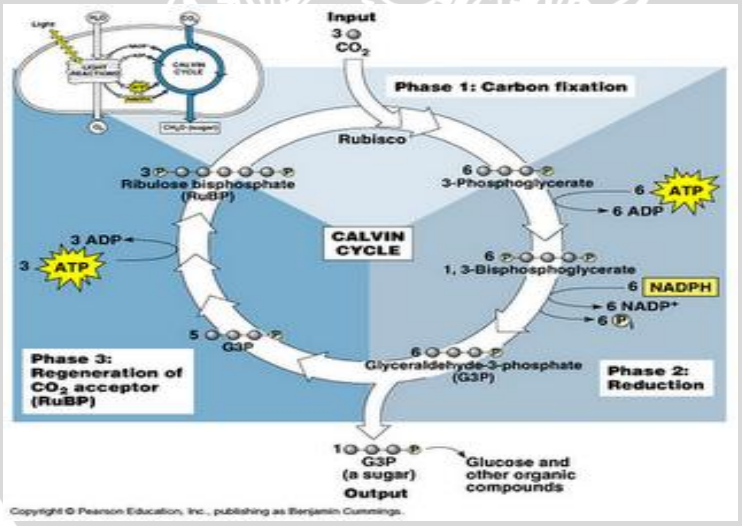
2.2.2 Reaksi Gelap

Menurut Dwidjiseputro (1989), reaksi gelap atau reaksi *Blackman* adalah penyusutan CO_2 oleh H_2 yang dibawakan oleh NADP. Peristiwa penyusutan

karbondioksida (CO_2) tidak memerlukan sinar dengan kata lain peritiwa itu berlangsung dalam gelap. Reaksinya adalah sebagai berikut :

$$2H_2O + CO_2 \rightarrow CH_2O + H_2O + O_2$$

Pada reaksi gelap karbondioksida (CO_2) bereaksi dengan 5 karbon gula. Sedangkan 6 karbon gula terpecah menjadi bagian yang membentuk 2 bagian 3 karbon. Kemudian 3 karbon tersebut dialihkan ke-3 karbon lainnya oleh penambahan hidrogen yang berasal dari fase cahaya serta oleh adanya pamanfaatan energi dari ATP yang berasal dari reaksi cahaya. 3 karbon molekul yang berenergi tinggi ini tersedia dalam suatu siklus, kemudian menghasilkan 5 karbon dari molekul gula. Senyawa baru ini siap utuk dikombinasikan dengan karbondioksida (CO_2), yang akhirnya menghasilkan glukosa, pati, karbohidrat yang siap untuk ditranslokasikan kesetiap tubuh tanaman (Abidin, 1984). Reaksi gelap/siklus calvin dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Siklus Calvin dalam Reaksi Gelap
Sumber: Googleimages, (2014)

Menurut Heddy (1987), reaksi gelap mempunyai sifat-sifat :

- Untuk berlangsungnya reaksi ini tidak perlu ada cahaya
- Peka terhadap suhu
- Kecepatan reaksinya relatif lebih lambat daripada reaksi terang
- Merupakan reaksi enzimatis

Proses reaksi gelap ini terjadi pembentukan karbohidrat dari karbondioksida (CO_2) dengan menggunakan hasil-hasil dari reaksi terang. Dari penelitiannya *Calvin* menemukan suatu rangkaian reaksi ini suatu siklus yang disebut *siklus Calvin*. Hasil pertama fotosintesis yang stabil adalah PGA (*Phospat Gliseric Acid*) dan ribulase diphospat sebagai akseptor karbondioksida (CO_2).

2.3 Karbondioksida (CO_2)

Karbondioksida (CO_2) adalah senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen terikat kovalen dengan atom karbon. Berbentuk gas pada temperatur dan tekanan standar dan berada di atmosfer. Septiawan (2011), konsentrasi karbondioksida (CO_2) di atmosfer bumi ± 387 ppm. Tetapi jumlah bervariasi tergantung lokasi dan waktu. Karbondioksida (CO_2) adalah gas rumah kaca yang penting karena mampu menyerap gelombang inframerah. Karbondioksida (CO_2) diproduksi oleh hewan, tumbuh-tumbuhan, fungi, dan mikroorganisme dalam respirasi dan dipergunakan tanaman pada fotosintesis. Sehingga karbondioksida (CO_2) termasuk komponen yang penting dalam siklus karbon. Karbondioksida (CO_2) juga dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil. Karbondioksida (CO_2) anorganik dikeluarkan dari gunung berapi dan proses geotermal lainnya seperti pada mata air panas (Septiawan, 2011).

Karbondioksida (CO_2) dapat juga terbentuk sebagai hasil dari metabolisme. Pada fotosintesis banyak digunakan karbondioksida (CO_2) dan dikeluarkan O_2. Hal ini akan mempengaruhi konsentrasi karbondioksida (CO_2) dalam air yang bergantung kepada kedalaman air. Respirasi akan menghasilkan karbondioksida (CO_2) oleh hewan maupun tanaman. Peristiwa ini akan mempengaruhi kadar karbondioksida (CO_2) dalam air yang bergantung kepada kedalaman air maupun waktunya, siang atau malam. Karbon merupakan salah satu unsur yang mengalami daur dalam ekosistem. Proses yang terjadi dimulai

dari atmosfer karbon berpindah melalui produsen, konsumen, dan pengurai kemudian kembali ke atmosfer dan terikat dalam karbondioksida (CO_2). Setelah mengikuti fotosintesis senyawa itu terikat dalam glukosa atau senyawa karbon lainnya. Kemudian senyawa-senyawa ini dimangsa oleh konsumen dan tersimpan sampai mati dan akhirnya dimangsa oleh pengurai kemudian kembali ke atmosfer (Sastrawijaya, 2000).

Dampak negatif dari pemanasan global dianalisis berdasarkan peningkatan konsentrasi gas efek rumah kaca yakni karbondioksida (CO_2). Konsentrasi ini mengalami peningkatan tiap tahunnya hingga melebihi ambang batas normal. Pada kondisi ideal konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) lingkungan yang aman bagi manusia dan hewan adalah berkisar 350 ppm. Jika konsentrasi karbondioksida (CO_2) udara bebas melebihi konsentrasi ini, udara akan bersifat sebagai toksin bagi tubuh makhluk yang bersangkutan. Dampak lain dari peningkatan suhu global diperkirakan akan menyebabkan perubahan-perubahan lain seperti naiknya permukaan laut, meningkatnya intensitas fenomena cuaca yang ekstrim, serta perubahan dan jumlah pola presipitasi. Akibat-akibat lain juga terjadi seperti hasil pertanian menurun, hilangnya gletser, dan punahnya berbagai jenis hewan (Arifin dan Yudhoyono, 2013).

2.4 Fotobioreaktor

Menurut Daniyati (2012), Fotobioreaktor merupakan bioreaktor yang digabungkan dengan sumber cahaya tertentu untuk asupan energi cahaya ke dalam reaktor. Fotobioreaktor merupakan sistem tertutup yang lebih mudah dikontrol dan disesuaikan desainnya dengan lokasi pemasangan, dan lebih bisa mencegah kontaminasi, mencegah penguapan air dan karbondioksida (CO_2), dan tidak memerlukan area yang luas. Dengan fotobioreaktor, produktivitas biomassa yang tinggi bisa dicapai dan kontaminasi lebih mudah dihindari.

Widyaningrum (2013), sistem budidaya mikroalga dengan fotobioreaktor memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah kemampuan untuk mengontrol parameter-parameter untuk pertumbuhan mikroalga yang optimum, terlindunginya kultur dari kontaminasi organisme lain dan lahan yang dibutuhkan tidak seluas budidaya dengan sistem terbuka.

Menurut Wijoseno (2011) fotobioreaktor terbagi dalam dua sistem, yaitu sistem terbuka *(open system)* dan sistem tertutup *(closed system)*. Sistem terbuka bisa berupa air alami seperti danau, lagoon (danau pinggir laut). Untuk fotobioreaktor tubular dengan tube berbagai bentuk, ukuran dan panjang yang disesuaikan dengan material yang digunakan. Ditambahakan Sulistyo (2010), Fotobioreaktor adalah sistem yang dikendalikan dengan menggabungkan beberapa jenis sumber cahaya. Istilah fotobioreaktor lebih umum digunakan untuk mendefinisikan sebuah sistem tertutup, sebagai kebalikan dari tanki atau kolam terbuka.

Sistem fotobioreaktor pada skala laboratorium yang berukuran 1,5-2,5 liter umumya terbuat dari bahan kaca atau borosilikat, namun untuk skala industri, umumnya digunakan bahan baja tahan karat *(stainless steel)*. Fotobioreaktor aerob, biasanya digunakan kombinasi sistem aerasi sehingga pertumbuhan mikroorganisme dapat berlangsung dengan baik (Hermanto, 2009). Fotosintesis fitoplankton mampu menyerap karbondioksida (CO_2) yang berlebih, dimana keperluan itu diperlukan tekhnologi pembudidaya fitoplankton salah satunya berupa fotobioreaktor. Fotobioreaktor meningkatkan produktifitas fitoplankton menjadi 2 hingga 5 kali lebih tinggi dari kondisi normalnya. Media diinjeksikan karbondioksida (CO_2) ke dalam sistem dengan pompa. Sistem dilengkapi dengan penampungan gas untuk menyimpan karbondioksida sebelum diinjeksikan ke dalam fotobioreaktor. Sistem ini dijalankan dalam skala batch. (Idris, 2012).

Sistem Operasional fotobioreaktor Menurut Daniyati (2012), adalah karbondioksida (CO_2) diberikan secara berkala dengan pengukuran menggunakan *flowmeter* yang terpasang pada regulator karbondioksida (CO_2). Kemudian gas karbondioksida (CO_2) diinjeksikan ke dalam skala *batch*. Gas karbondioksida (CO_2) dialirkan ke dalam reaktor dengan sistem tertutup dari dasar reaktor dengan menggunakan air distributor berpori halus (batu aerasi). Sebelum proses pada fotobioreaktor berlangsung dilakukan uji kebocoran gas hasil keluaran reaktor dengan menggunakan pompa udara kemudian selang keluaran dimasukkan kedalam cairan spirtus dan dilihat keluarannya apakah sama dengan keluaran didalam reaktor. Jika keluaran yang dihasilkan sama maka reaktor sudah siap untuk digunakan.

3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah jenis mikroalga *Chlorella sp*, *Spirulina platensis* dan kandungan gas karbondioksida (CO_2) yang diserap pada sistem fotobioreaktor. Parameter fisika dan kimia kualitas air yang diukur meliputi suhu, pH, salinitas, karbondioksida (CO_2) terlarut, oksigen terlarut, nitrat dan fosfat. Parameter utama yang diukur yaitu penurunan gas karbondioksida (CO_2) dan kelimpahan mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 1 dan Lampiran 2.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu mengadakan percobaan untuk melihat suatu hasil. Metode eksperimen merupakan bagian dari metode kuantitatif dan memiliki ciri khas tersendiri terutama dengan adanya kelompok kontrol. Dalam bidang sains, penelitian-penelitian dapat menggunakan desain eksperimen karena variabel-variabel dapat dipilih dan variabel-variabel lain yang dapat mempengaruhi proses eksperimen itu dapat dikontrol secara ketat (Fataruba, 2010).

Eksperimen adalah suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat (hubungan kausal) antara dua faktor yang sengaja ditimbulkan oleh peneliti dengan mengeliminasi atau mengurangi atau menyisihkan faktor-faktor lain yang mengganggu (Arikunto, 2002). Ditambakan oleh Natzir (1988), percobaan eksperimen bertujuan untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan tersebut dengan cara memberikan perlakuan

tertentu pada beberapa kelompok eksperimen dan menyelidiki kontrol untuk pembanding.

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial terdapat 2 kombinasi perlakuan yaitu jenis mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* sebagai faktor A dan kelimpahan mikroalga yang berbeda sebagai faktor B. Faktor A (jenis mikroalga) terdiri dari 2 jenis (A1 = *Chlorella sp* dan A2 = *Spirulina platensis*) sedangkan faktor B (kelimpahan mikroalga yang berbeda) terdiri dari 3 taraf (B1 = 100 x 10^4 sel/ml, B2 = 200 x 10^4 sel/ml, B3 = 300 x 10^4 sel/ml) sehingga kombinasi taraf faktor 2 x 3 = 6 kombinasi perlakuan dengan 3 ulangan, sehingga didapatkan rancangan seperti Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan Jenis Mikroalga dan Kelimpahan Mikroalga yang berbeda.

Faktor A (Jenis Mikroalga)	Faktor B (Kelimpahan Mikroalga yang berbeda)	Notasi	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
Chlorella sp (A1)	100 x 10^4 sel/ml (B1)	A1B1			
	200 x 10^4 sel/ml (B2)	A1B2			
	300 x 10^4 sel/ml (B3)	A1B3			
Spirulina platensis (A2)	100 x 10^4 sel/ml (B1)	A2B1			
	200 x 10^4 sel/ml (B2)	A2B2			
	300 x 10^4 sel/ml (B3)	A2B3			

Metode analisis yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah model umum dari Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial yaitu:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} +$$

Dengan : I = 1,2, ..., a
J = 1,2, ..., b
K = 1,2, ..., n

Keterangan:

Y_{ijk} = variabel respon (penyerapan karbondioksida) karena jenis mikroalga yang berbeda dan kelimpahan mikroalga yang berbeda
μ = rata-rata yang sebenarnya (berharga konstan)
A_i = efek taraf ke i pada kolom jenis mikroalga
B_j = efek taraf ke j pada kolom kelimpahan mikroalga yang berbeda
AB_{ij} = efek interaksi antara jenis mikroalga yang berbeda terhadap kelimpahan mikroalga yang berbeda
$^{\varepsilon}k(ij)$ = efek unit eksperimen ke k dalam kombinasi perlakuan (ij) (*random error).*

3.4 Tahapan Penelitian

Adapun tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan bahan.
2. Sterilisasi peralatan yang digunakan untuk kultur maupun peralatan yang digunakan pada saat pelaksanaan penelitian.
3. Perakitan dan merangkai fotobioreaktor.
4. Pengenceran mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*).
5. Persiapan media biogas dalam pengujian gas karbondioksida (CO_2).
6. Pengukuran dan analisis parameter kualitas air.
7. Perhitungan kelimpahan fitoplankton.
8. Perhitungan efektifitas penyerapan karbondioksida (CO_2) oleh mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*).

3.5 Analisis Pengukuran Gas Karbondioksida (CO_2)

Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini yaitu sampel diambil pada hari ke-0, hari ke-2, hari ke-4, hari ke-6, dan hari ke-8. Pada penelitian sebelumnya, pengambilan sampel dilakukan setiap dua hari sekali yaitu dianggap bahwa dua hari sekali terjadi perubahan nilai konsentrasi karbondioksida (CO_2) dalam biogas secara signifikan.

Waktu pengamatan dilakukan setiap jam 12.00 WIB pengambilan sampel dilakukan pada jam tersebut dimaksudkan untuk melihat dinamika jenis mikroalga dalam menurunkan karbondioksida (CO_2) dalam biogas pada sistem fotobioreaktor dengan beberapa parameter kualitas perairan yang diukur. Menurut Santoso, *et al.,* (2011) Proses penyerapan karbondioksida (CO_2) oleh mikroalga terjadi pada saat fotosintesis, dimana karbondioksida (CO_2) digunakan untuk reproduksi sel-sel tubuhnya. Pada proses fotosintesis tersebut selain

memfiksasi gas karbondioksida (CO_2), juga memanfaatkan nutrien yang ada dalam badan air. Konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) dalam rangkaian fotobioreaktor diukur sebanyak satu kali sehari yakni pada jam 12.00 WIB. Pengukuran konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) tidak dilakukan pada malam hari karena proses fotosintesis tidak berlangsung optimal pada waktu tersebut sehingga penyerapan gas karbondioksida (CO_2) diperkirakan kecil.

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Persiapan Media Kultur Mikroalga

A. Sterilisasi Alat

Alat yang digunakan adalah alat yang ukurannya cukup besar, sehingga sterilisasi dilakukan secara kimiawi:

- Mencuci bersih peralatan yang digunakan untuk media kultur mikroalga.
- Merendam peralatan dengan larutan HCl 10% selama 2 hari. Kemudian dibilas dengan air tawar.
- Mensterilkan dengan larutan alkohol 70%.
- Membiarkan sampai mengering dengan diangin-anginkan.

B. Sterilsasi Air Laut

- Menyiapkan air laut sebanyak 150 liter (sesuai yang dibutuhkan).
- Melarutkan 20 gr kaporit dengan 1 liter aquadest.
- Mencampurkan kaporit yang telah dilarutkan kedalam air laut yang telah disiapkan sebelumnya.
- Memberi aerasi dan ditunggu 24 jam.
- Menambahkan Na Thiosulfat 100 ppm sebanyak 150 ml setelah 24 jam untuk menetralkan kaporit.
- Melakukan klorin tes untuk memastikan tidak ada kandungan klorin.

3.6.2 Kultur Mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*)

Menurut Wibowo (2008), kultur murni merupakan rangkaian dari kegiatan pengadaan pakan alami atau kultur plankton. Bibit kultur murni diperoleh dari hasil isolasi atau dari hasil kultur dalam media agar. Plankton hasil biakan atau kultur dalam media agar, dipindahkan dalam tabung reaksi volume 10-15 ml, kemudian dikultur secara bertingkat kedalam erlenmeyer 100 ml, 500 ml, 1000 ml, 2000 ml dan volume 5-20 liter. Langkah - langkah kultur murni adalah sebagai berikut :

- Kultur diawali dengan mempersiapkan air laut yang sudah steril dengan kadar garam 28-30$^0/_{00}$.
- Air laut dimasukkan kedalam toples kultur (2,5 liter).
- Menambah pupuk cair, vitamin, sebanyak 2,5 ml.
- Media diaerasi dan dibiarkan sebentar, sampai pupuk tercampur merata.
- Bibit dimasukkan sebanyak 500 ml.
- Untuk mencegah kontaminasi dari udara, toples ditutup dengan plastik bening dan diikat dengan karet.
- Agar plankton tumbuh dengan baik, penempatan wadah kultur harus cukup mendapat cahaya.
- Setelah 5-7 hari masa pemeliharaan, plankton dapat dipanen dan diberi perlakuan.

3.6.3 Persiapan Media Mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis)*

Persiapan media mikroalga yang akan digunakan, yaitu dengan melakukan proses pengenceran dari kelimpahan tinggi menjadi kelimpahan yang telah ditentukan yaitu $100x10^4$ sel/ml, $200x10^4$ sel/ml, dan $300x10^4$ sel/ml. Pengenceran dilakukan dengan menambahkan sejumlah air laut yang telah disterilisasi dan diberi pupuk walne dengan perbandingan 1:1 (1ml pupuk walne :

1 liter air laut). Kelimpahan mikroalga yang telah ditentukan diencerkan dengan menggunakan rumus pengenceran secara kimia. Volume mikroalga yang digunakan dalam setiap reaktor yaitu 4 liter, hal ini dikarenakan menyesuaikan dengan ukuran reaktor yang mampu menampung mikroalga sebanyak 7 liter. Sumber makanan untuk pertumbuhan mikroalga berasal dari pupuk walne yang terdapat dalam media air yang telah disterilisasi dan vitamin sebagai penambah nutrisi bagi mikroalga. Rumus pengenceran yang digunakan adalah rumus menurut Boyd (1982) :

$$N1 \times V2 = N2 \times V2$$

Keterangan : N1 : Kelimpahan awal
V1 : Volume stok awal
N2 : Kelimpahan kultur yang dihendaki
V2 : Volume kultur yang dihendaki

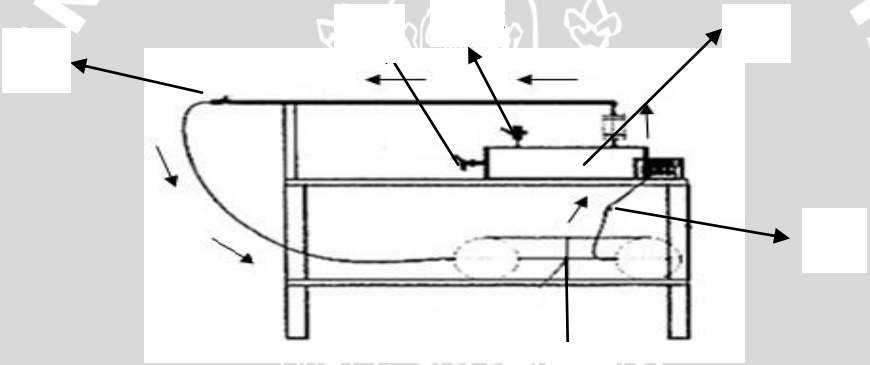
3.6.4 Rancangan Fotobioreaktor

Hal pertama yang harus dilakukan dalam merancang fotobioreaktor adalah mengambil biogas hasil fermentasi kotoran sapi dan dimasukkan kedalam ban sebagai penampung gas dengan bantuan alat pemompa. Biogas yang digunakan harus didapatkan dari satu sumber yang sama dengan tujuan agar konsentrasi gas karbondioksida sama.

Biogas merupakan gas organik yang dihasilkan dari proses anaerobik atau fermentasi dari kotoran manusia dan hewan. Menurut Simamora (2006), biogas adalah gas yang dapat dibakar atau sumber energi yang merupakan campuran dari berbagai gas, dengan methana dan gas karbondioksida merupakan campuran yang dominan. Ditambahkah oleh Abdurrachman (2013), kandungan utama dalam biogas adalah methana sebesar 55-75 % dan karbondioksida sebesar 25-45%. Hal inilah yang mendukung digunakannya biogas sebagai sumber karbondioksida dalam penelitian, dimana konsentrasi karbondioksida masih berada dalam batas yang dapat ditolerir oleh mikroalga.

Menurut Arifin dan Yudhoyono (2013) kondisi ideal konsentrasi gas karbondioksida (CO2) lingkungan yang aman bagi manusia dan hewan adalah berkisar 35%.

Pengukuran konsentrasi karbondioksida dilakukan dengan alat *gas analyzer* merk stargas 898. Kemudian gas yang telah ditampung dan telah diukur konsentrasinya dirangkai dalam rangkaian fotobioreaktor. Rancangan ini dilakukan dengan cara mengalirkan biogas menuju reaktor yang berisi mikroalga melalui pipa masukan, setelah itu biogas yang telah melalui kultur mikroalga tersebut diaerasi beberapa jam. Rancangan fotobioreaktor dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rancangan Fotobioreaktor
Sumber: Nurdiansyah, 2012

Keterangan gambar :
(1) Pipa sirkulasi gas
(2) Pengeluaran larutan
(3) Pengeluaran gas
(4) Reaktor
(5) Selang masukan gas
(6) Penampung gas

3.7 Pengukuran dan Analisis Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur dan dianalisis dalam penelitian ini meliputi suhu (^oC), intensitas cahaya (lux), derajat keasaman (pH), karbondioksida (CO_2) terlarut, oksigen (O_2) terlarut, nitrat (NO_3^-), dan fosfat (PO_4^{3-}) yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kelimpahan mikroalga.

3.7.1 Suhu (^oC)

Menurut Kordi dan Tancung (2007), pengukuran suhu dapat dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

- Mencelupkan thermometer air raksa (skala 0 - 50^oC).
- Membiarkan selama 3 menit.
- Mengangkat dan membaca skala termometer.
- Mencatat hasil pengukuran.

3.7.2 pH (Derajat Keasaman)

Menurut BSN (2004), pengukuran pH dapat dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

- Mengkalibrasi / distandarisasi pH meter dengan memasukkan elektroda pH meter kedalam larutan buffer pH 7,00 sehingga pembacaan menunjukkan pH 7,00.
- Mengeluarkan elektroda pH meter dai larutan buffer.
- Kemudian membersihkan dengan aquadest yang berada pada *washing bottle.*
- Setelah bersih memasukkan elektroda ke dalam air yang akan dianalisis.
- Pembacaan pada pH meter menyatakan nilai pH.
- Mencatat hasil pengukuran.

3.7.3. Karbondioksida (CO_2) terlarut

Prosedur pengukuran karbondioksida (CO_2) terlarut menurut Sagala dan Hanafiah (2012), adalah sebagai berikut:

- Masukkan 12,5 ml air contoh kedalam erlenmeyer, kemudian tambahkan 1 tetes indikator PP.

- Bila air berwarna merah muda berarti air tersebut tidak mengandung karbondioksida (CO_2) bebas.
- Bila air tetap tidak berwarna, cepat titrasi dengan Na Thiosulfat 0,0454 N sampai warna menjadi merah muda (pink) pertama kali.
- Menghitung berapa ml titrant yang digunakan untuk titrasi ini, kemudian kandungan CO_2 bebas dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini:

Perhitungan:

$$\text{CO}_2 \text{ bebas (mg/L)} = \frac{V\ (Titran)\ x\ N\ (Titran)\ x\ 22\ x\ 1000}{V\ air\ sampel}$$

Keterangan:
V = ml larutan Na Thiosulfat untuk titrasi
N = normalitas larutan Na Thiosulfat
v = Volume air sampel

3.7.4 Oksigen (O_2) terlarut

Menurut Hariyadi, *et al.,* (1992), prosedur pengukuran Oksigen terlarut (DO) dalam air adalah sebagai berikut:

- Menstandartkan alat ukur (DO-meter).
- Membilas elektroda dengan aquades lalu dilap dengan tisu.
- Memasukkan ujung elektroda kedalam sampel air.
- Mencatat nilai yang tertera pada alat.

3.7.5 Nitrat (NO_3^-)

Menurut Hendrawati, *et al.,* (2013), prosedur pengukuran nitrat (NO_3^-) adalah sebagai berikut:

- Menyaring 12,5 ml sampel dan tuangkan kedalam cawan porselen.
- Menguapkan diatas *hot plate* sampai mengerak dan didinginkan.
- Menambahkan 8 tetes asam fenol disulfonik dan diaduk.

- Menambahkan aquadest sampai 12,5 ml dan kemudian ditetesi NH_4OH sampai warna kuning (± max 5 slot).
- Memasukkkan larutan kedalam cuvet.
- Diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang meter 410 nm.
- Dicatat hasil yang tertera pada spektrofotometer.

3.7.6 Phospat (PO_4^{3-})

Menurut Hendrawati, *et al.,* (2013), prosedur pengukuran Phospat (PO_4^{3-}) adalah sebagai berikut:

- Menyaring 12,5 ml sampel dan menuangkan kedalam erlenmeyer.
- Menambahkan 1 ml ammonium molybdat.
- Menambahkan 5 tetes $SnCl_2$ dan dihomogenkan.
- Diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang meter 690 nm.
- Mencatat hasil yang tertera pada spektrofotometer.

3.8 Pengukuran dan Analisis Parameter Gas Karbondioksida (CO_2) dan Gas Oksigen (O_2)

Penelitian ini melakukan pengukuran kualitas gas yaitu meliputi gas karbondioksida (CO_2) dan gas oksigen (O_2) yang semuanya dapat mempengaruhi komposisi kandungan gas dalam biogas. Kandungan karbondioksida (CO_2) sebelum dan sesudah dialirkan kedalam reaktor yang berisi mikroalga dapat diketahui dengan melakukan pengujian di Laboratorium Motor Bakar, jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Alat yang digunakan untuk menampung gas yang akan diuji menggunakan plastik ukuran 5 kg dan kemudian diukur dengan "*gas analyzer*" merk stargas 898, yang dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7. *Gas Analyzer* merk Stargas 898

3.9 Perhitungan Kelimpahan Sel Mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*)

Pengamatan perhitungan kelimpahan sel mikroalga *(Chlorella sp dan Spirulina platensis)* dilakukan menggunakan alat mikroskop perbesaran 40x dengan bantuan *haemocytometer* model neubreur. Perhitungan kelimpahan sel menurut Kwangdinata (2013), dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Siapkan *haemocytometer* yang akan digunakan.
2. Bersihkan permukaan *haemocytometer* dan *cover glass* dengan menggunakan tisu kering.
3. Tutup *haemocytometer* pada bagian tengah dengan menggunakan *cover glass.*
4. Ambil fitoplankton yang akan dihitung kelimpahannya dengan menggunakan pipet tetes.
5. Apabila algae bergerak aktif, maka ditambahkan lugol/formalin.
6. Tuangkan kedalam *haemocytometer* secara hati-hati (jangan sampai berlebih) dan jangan sampai ada gelembung udara.
7. Letakkan dan amati dibawah mikroskop dengan perbesaran 100X.
8. Bagi bidang pandang menjadi 4 bagian.
9. Hitung jumlah fitoplankton dari 4 bidang pandang tersebut.

10. Perhitungan fitoplankton dilakukan **HANYA** pada fitoplankton yang berada dalam bidang pandang.
11. Hitung jumlah total sel fitoplakton pada keempat bidang pandang kemudian dirata-rata dan dihitng sebagai (n).
12. Total kelimpahan fitoplankton adalah : n X 10^4 sel/ml.

3.10 Perhitungan Efektifitas Penyerapan Gas Karbondioksida (CO_2) Mikroalga *(Chlorella sp* dan *Spirulina platensis)*

Perhitungan Efektifitas penyerapan karbondioksida (CO_2) oleh mikroalga *(Chlorella sp dan Spirulina platensis)* dapat diketahui dengan membandingkan antara gas karbondioksida (CO_2) awal sebelum perlakuan dikurangi jumlah karbondioksida (CO_2) setelah perlakuan. Sehingga didapatkan konsentrasi karbondioksida yang telah diserap oleh mikroalga., kemudian dibagi dengan karbondioksida (CO_2) awal sebelum perlakuan, efektifitas gas karbondioksida (CO_2) dinyatakan dalam satuan persen (%). Menurut Ya-Kou, *et al*., (2012), efektifitas gas karbondioksida (CO_2) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\textbf{Efektifitas} = \frac{CO2\ awal - CO2\ akhir}{CO2\ awal} \textbf{ x 100\%}$$

3.11 Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian kemudian dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis keragaman (ANOVA) sesuai dengan rancangan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial. Analisis keragaman (ANOVA) digunakan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap respon yang diukur dengan uji F taraf 5% dan 1%. Jika terdapat hasil yang berbeda nyata maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% dan 1% untuk mengetahui penyerapan terbesar, yaitu penyerapan *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* terhadap karbondioksida (CO_2).

Menurut Setiawan (2009) *dalam* Rosita *et al*., (2013), Jika pada hasil analisis sidik ragam diperoleh nilai F hitung > F tabel 0,5 maka perlu dilakukan uji lanjut menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Menurut Hanafiah (2005), Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) digunakan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan sehingga didapatkan urutan perlakuan terbaik dengan menggunakan rumus:

$$\text{SED} = \sqrt{\frac{2x\ KT\ acak}{r}}$$

BNT 5% = t tabel 5 % (db acak) x SED

BNT 1% = t tabel 1% (db acak) x SED

Kemudian dibuat tabel BNT yang merupakan tabel selisih harga rata-rata terbesar → terkecil atau sebaliknya, tergantung parameter yang diamati. Selanjutnya dibandingkan dengan nilai BNT 5% dan 1% dengan ketentuan:

- Bila selisih < BNT 5% → n.s (*non significant*), berarti tidak berbeda nyata.
- Bila BNT 5% < selisih < BNT 1% → * → berarti berbeda nyata.
- Bila selisih BNT > 1% → ** → berarti berbeda sangat nyata.

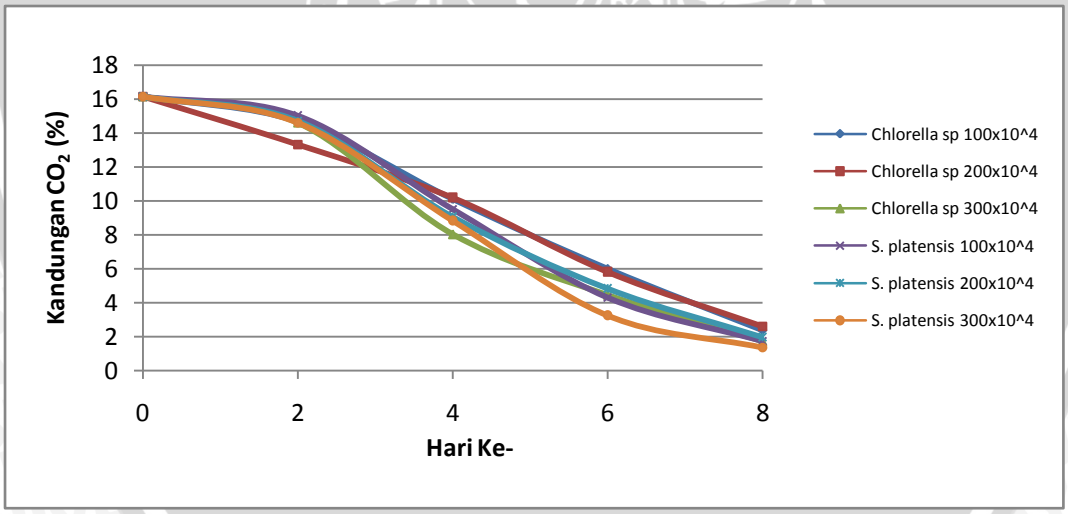
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengamatan

Efektifitas Penyerapan Karbondioksida (CO_2) pada Fotobioreaktor dengan menggunakan Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* menunjukkan hasil yang berbeda dan dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.1.1 Kandungan Karbondioksida (CO_2) yang diserap oleh *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*

Kandungan karbondioksida (CO_2) yang dapat diserap oleh *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* pada Lampiran 3 menunjukkan karbondioksida (CO_2) dari hari ke hari mengalami penurunan. Hasil penurunan kandungan karbondioksida (CO_2) pada masing-masing mikroalga dengan kelimpahan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Penurunan Gas Karbondioksida (CO_2) oleh Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*

Grafik pada Gambar 8 di atas menunjukkan bahwa kandungan gas karbondioksida (CO_2) mengalami penurunan dari hari ke hari pada mikroalga jenis *Chlorella sp* maupun *Spirulina platensis.* Pada mikroalga jenis *Chlorella sp* dengan kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml mengalami penurunan kandungan gas

karbondioksida (CO_2) terbesar pada rentang hari ke-2 dan hari ke-4 sebesar 4,56%. *Chlorella sp* dengan kelimpahan 200 x 10^4 sel/ml mengalami penurunan kandungan gas karbondioksida (CO_2) terbesar pada rentang hari ke-4 dan hari ke-6 sebesar 4,37%. *Chlorella sp* dengan kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml mengalami penurunan kandungan gas karbondioksida (CO_2) terbesar pada rentang hari ke-2 dan hari ke-4 sebesar 6,59%. Kemudian untuk jenis mikroalga *Spirulina platensis* dengan kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml mengalami penurunan kandungan gas karbondioksida (CO_2) terbesar pada rentang hari ke-2 dan hari ke-4 sebesar 5,49%. *Spirulina platensis* dengan kelimpahan 200 x 10^4 sel/ml mengalami penurunan kandungan gas karbondioksida (CO_2) terbesar pada rentang hari ke-2 dan hari ke-4 sebesar 5,69%. *Spirulina platensis* dengan kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml mengalami penurunan kandungan gas karbondioksida (CO_2) terbesar pada rentang hari ke-2 dan hari ke-4 sebesar 5,79%.

Mikroalga jenis *Chlorella sp* penurunan karbondioksida (CO_2) terbesar pada kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml yaitu didapatkan kandungan akhir karbondioksida (CO_2) sebesar 1,71%. Pada jenis *Spirulina platensis* penurunan karbondiosida (CO_2) terbesar pada kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml yaitu didapatkan kandungan akhir karbondioksida (CO_2) sebesar 1,36%. Menurut Kurniawan dan Gunarto (1999) *dalam* Yuliandri (2013), alga *Spirulina platensis* memiliki tingkat pertumbuhan yang relatif singkat sehingga kebutuhan gas karbondioksida (CO_2) cukup tinggi. Dengan demikian alga *Spirulina platensis* cocok sebagai media untuk membantu penurunan kadar karbondioksida (CO_2) dalam biogas. Karena bersifat heterotrof sebagian besar alga membutuhkan cahaya dan karbondioksida (CO_2), ditambahkan dalam penelitian Abdurrachman (2013), bahwa mikroalga yang optimal dalam menyerap karbondioksida (CO_2) adalah *Spirulina platensis* yang termasuk mikroalga pigmen biru-hijau yang memiliki

kemampuan adaptasi yang lebih baik dibandingkan *Chlorella sp*. Pigmen hijau-biru (klorofil *a*) pada *Spirulina platensis* memiliki peran sangat penting dalam proses fotosintesis, baik sebagai penangkap cahaya, transfer energi maupun konversi energi cahaya. Menurut Christiana, *et al*.,(2008), klorofil *a* memiliki serapan maksimum di daerah 380-430 nm dan 530-665 nm, karena serapan pigmen hijau-biru yang luas dapat menyerap cahaya dan konversi energi yang lebih banyak. Menurut Wijoseno (2011), pigmen hijau (klorofil *b*) pada *Chlorella sp* menyerap cahaya di daerah 410-500 nm. Klorofil *b* tidak secara langsung berperan dalam reaksi terang fotosintesis, sedangkan klorofil *a* berperan langsung dalam reaksi terang fotosintesis. Proses absorbsi energi cahaya menyebabkan lepasnya elektron berenergi tinggi dari klorofil *a* yang selanjutnya akan disalurkan dan ditangkap oleh akseptor elektron. Sehingga hal ini yang menyebabkan perbedaan penyerapan gas karbondioksida oleh *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis.*

Berdasarkan hasil analisis ragam yang dapat dilihat pada Lampiran 5, dilakukan uji F untuk mencari pengaruh perlakuan terhadap respon yang diukur sebagaimana ditunjukan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Sidik Ragam Penyerapan Gas Karbondioksida (CO_2) oleh Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*

SK	Db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Ulangan	4	891,065	222,7663	565,9352		
Perlakuan	5	3,642467	0,728493	1,85073	2,71	4,1
Mikroalga	1	0,761613	0,761613	1,934869	4,36	8,1
Perbedaan kelimpahan	2	2,710847	1,355424	3,443439	3,49	5,85
MPk	3	0,170007	0,056669	0,143967	3,1	4,94
Galat	20	7,8725	0,393625			
Total	29	902,5799				

* = berbeda nyata ** = berbeda sangat nyata

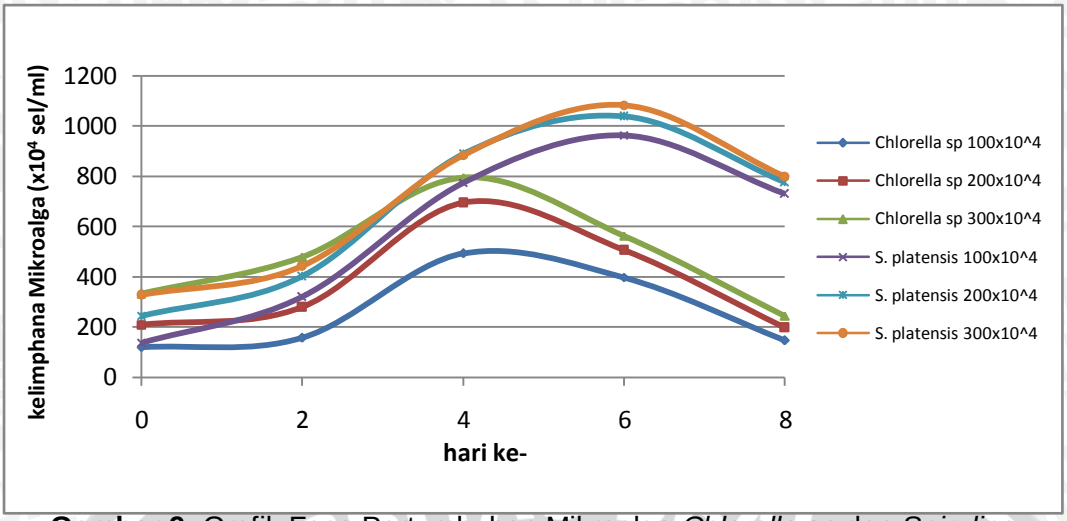
Hasil perhitungan berdasarkan Tabel 2 dengan menggunakan uji F diperoleh nilai F hitung pada faktor perlakuan Perbedaan Kelimpahan =

3,443439. Nilai F hitung tersebut lebih kecil dari F tabel 5% dan 1% jadi dapat diasumsikan tidak terdapat perbedaan nyata antara perlakuan kelimpahan dari masing-masing jenis mikroalga yaitu *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* terhadap kemampuan menyerap gas karbondioksida (CO_2). Nilai F hitung pada faktor Jenis Mikroalga = 1,934869. Nilai F hitung tersebut lebih kecil dari F tabel 5% dan 1% jadi dapat diasumsikan tidak terdapat perbedaan nyata antara jenis mikroalga yaitu *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* terhadap kemampuan menyerap gas karbondioksida (CO_2). Nilai interaksi antara pengaruh jenis mikroalga dan kelimpahan mikroalga yang berbeda terhadap kemampuan menyerap gas karbondioksida (CO_2) hasilnya tidak signifikan karena nilai F hitung < F tabel 5% dan F tabel 1%.

Kemampuan menyerap gas karbondioksida (CO_2) yang tidak nyata pada perlakuan jenis mikroalga dan kelimpahan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 8 yang mengalami penurunan kandungan gas karbondioksida (CO_2) dari hari ke hari. Hal ini dikarenakan mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* sama-sama dapat melakukan proses fotosintesis, sesuai dengan pernyataan Santoso, *et al.,* (2011) mikroalga dinilai efektif mereduksi emisi CO_2 karena kemampuan mikroalga dalam mengabsorbsi CO_2 dalam proses fotosintesisnya.

4.1.2 Kelimpahan Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* terhadap Penyerapan Gas Karbondioksida (CO_2)

Perbedaan kelimpahan dari masing-masing jenis mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dapat mempengaruhi fase pertumbuhan kedua jenis mikroalga dan kandungan karbondioksida (CO_2) yang dapat diserap. Pada Lampiran 3 menunjukkan kelimpahan mikroalga pada masing-masing jenis mengalami perubahan dari pengamatan hari ke-0 sampai hari ke-8 yang dapat dilihat pada gambar Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Fase Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*

Grafik pada Gambar 9 dapat dilihat pertumbuhan mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* terdapat 4 fase yaitu fase adaptasi, fase eksponensial, fase stasioner dan fase kematian. Hasil penelitian pada hari ke-0 sampai hari ke-2 menunjukkan bahwa *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* mengalami fase adaptasi dengan kelimpahan relatif meningkat dari masing-masing kelimpahan awal. Mikroalga *Chlorella sp* fase eksponensial terjadi pada hari ke-2 sampai hari ke-4 dan *Spirulina platensis* terjadi pada hari ke-2 sampai hari ke-6, dimana fase ini mikroalga sudah melewati fase adaptasi, sehingga kelimpahan mikroalga pada fase ini dapat tumbuh lebih cepat. Pada mikroalga jenis *Chlorella sp* dari setiap perlakuan perbedaan kelimpahan mengalami puncak pertumbuhan paling tinggi pada hari ke-4 dengan kelimpahan awal 100 x 10^4 sel/ml menjadi 493 x 10^4 sel/ml, kelimpahan awal 200 x 10^4 sel/ml menjadi 695 x 10^4 sel/ml, dan kelimpahan awal 300 x 10^4 sel/ml menjadi 795 x 10^4 sel/ml. Sedangkan pada mikroalga jenis *Spirulina platensis* dari setiap perlakuan perbedaan kelimpahan mengalami puncak pertumbuhan paling tinggi pada hari ke-6 dengan kelimpahan awal 100 x 10^4 sel/ml menjadi 964 x 10^4 sel/ml, kelimpahan awal 200 x 10^4 sel/ml menjadi 1039 x 10^4 sel/ml, dan kelimpahan awal 300 x 10^4 sel/ml menjadi 1084 x

10^4 sel/ml. Setelah fase eksponensial, kedua jenis mikroalga tersebut mengalami fase stasioner yang berlangsung singkat. Kemudian pertumbuhan kedua jenis mikroalga tersebut akan mulai berkurang setelah mengalami fase stasioner dimana fase ini disebut fase kematian.

Fase kematian dari kedua jenis mikroalga tersebut mengalami perbedaan. Jenis mikroalga *Chlorella sp* fase kematian terjadi pada hari ke-6, sedangkan untuk jenis mikroalga *Spirulina platensis* fase kematian terjadi pada hari ke-8. Hal ini dapat disebabkan karena nutrisi dan kemampuan pertumbuhannya sudah mulai menurun. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hariyati (2008), pada pengamatan hari ke-2 sampai ke-5 jumlah *Spirulina sp* mengalami kenaikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan *Spirulina sp* berada pada fase eksponensial. Pada fase ini sel-sel *Spirulina sp* mengalami pembelahan. Adanya pembelahan sel tersebut menyebabkan pertumbuhan *Spirulina sp* berjalan dengan cepat. Menurut Sutomo (2005), pada awal pertumbuhan nilai laju pertumbuhan relatif yang tinggi menunjukkan mikroalga cepat memiliki daya adaptasi terhadap lingkungan kultur yang baru dan menunjukkan bahwa alga tersebut mengalami daya adaptasi yang cukup singkat dan langsung tumbuh dengan cepat.

Berdasarkan hasil analisis ragam yang dapat dilihat pada Lampiran 5, dilakukan uji F untuk mencari pengaruh perlakuan terhadap respon yang diukur sebagaimana ditunjukan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Sidik Ragam Kelimpahan Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* terhadap Penyerapan Karbondioksida (CO_2)

SK	Db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Ulangan	4	1379982	344995,5	15,98846		
Perlakuan	5	753587,4	150717,5	6,984848**	2,71	4,1
Mikroalga	1	592207,5	592207,5	27,44525**	4,36	8,1
Perbedaan kelimpahan	2	148611,7	74305,85	3,443629	3,49	5,85
MPk	3	12768,2	4256,067	0,197243	3,1	4,94
Galat	20	431555,5	21577,78			
Total	29	2565125				

* = berbeda nyata ** = berbeda sangat nyata

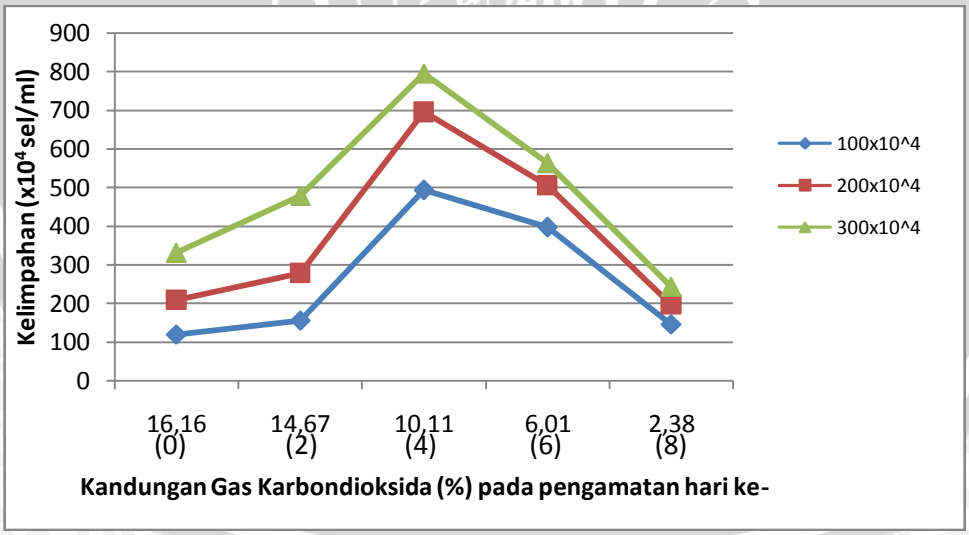
Hasil perhitungan berdasarkan Tabel 3 dengan menggunakan uji F diperoleh nilai F hitung pada faktor perlakuan Perbedaan Kelimpahan = 3,443629. Nilai F hitung tersebut lebih kecil dari F tabel 5% dan 1% jadi dapat diasumsikan tidak terdapat perbedaan nyata antara perlakuan kelimpahan dari masing-masing jenis mikroalga yaitu *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* terhadap fase pertumbuhan kelimpahan mikroalga. Nilai F hitung pada faktor Jenis Mikroalga = 27,44525. Nilai F hitung tersebut lebih besar dari F tabel 5% dan F tabel 1% jadi dapat diasumsikan terdapat perbedaan sangat nyata antara jenis mikroalga yaitu *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* terhadap fase pertumbuhan kelimpahan mikroalga. Oleh karena itu dilakukan uji BNT sebagai uji lanjutan untuk mengetahui hubungan jenis mikroalga dan perlakuan perbedaan kelimpahan terhadap laju pertumbuhan mikroalga.

Hasil perhitungan BNT pada Lampiran 5 pada perlakuan jenis mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*) dan perbedaan kelimpahan dari masing-masing kedua jenis mikroalga tersebut didapatkan hasil pengaruh sangat nyata terhadap laju pertumbuhan kelimpahan mikroalga. Berdasarkan nilai uji BNT diketahui laju pertumbuhan kelimpahan mikroalga tertinggi pada jenis mikroalga *Spirulina platensis* perlakuan kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml dengan total kelimpahan sebesar 3539 x 10^4 sel/ml, dan laju pertumbuhan kelimpahan

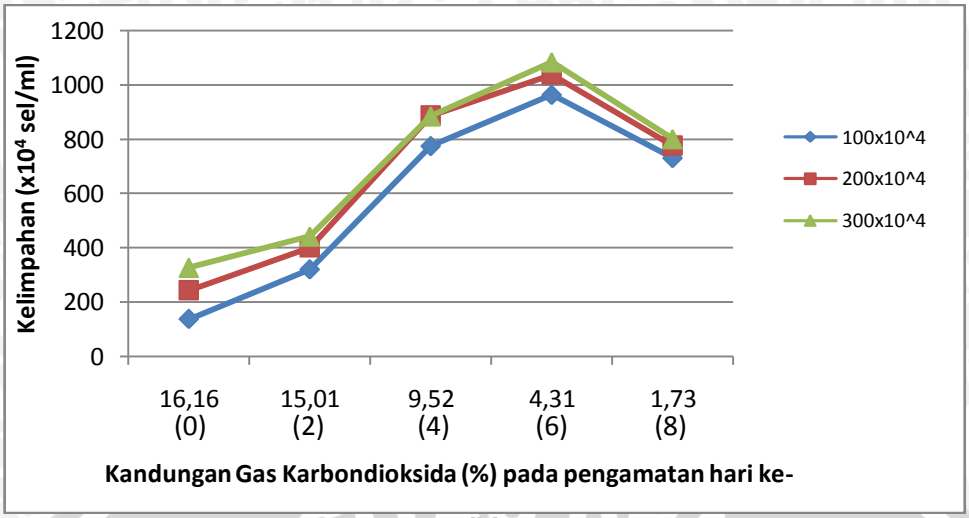
mikroalga terendah pada jenis mikroalga *Chlorella sp* perlakuan kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml dengan total kelimpahan sebesar 1311 x 10^4 sel/ml. Menurut Abdurrachman, *et al.,* (2013), mikroalga *Spirulina sp* yang termasuk mikroalga pigmen biru-hijau memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik dan biomassa lebih tinggi dibandingkan *Chlorella sp.* Ditambahkan oleh Hariyati (2008), adanya penurunan pertumbuhan kelimpahan sel mikroalga dapat disebabkan oleh berkurangnya nutrien dalam medium, berkurangnya intensitas cahaya dan kompetisi yang semakin besar dalam mendapat nutrien, ruang hidup dan cahaya.

4.2 Analisis Hubungan Konsentrasi Gas Karbondioksida (CO_2) terhadap Kelimpahan Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*

Data kelimpahan dapat dilihat pada Lampiran 3, sedangkan grafik hubungan kadar karbondioksida (CO_2) terhadap kelimpahan mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dengan perlakuan kelimpahan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 10.



(a)



(b)

Gambar 10. Grafik Hubungan Kadar Karbondioksida (CO_2) terhadap Kelimpahan Mikroalga (a) *Chlorella sp* dan (b) *Spirulina platensis*

Grafik pada Gambar 10 di atas menunjukkan jenis mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* memiliki pola yang tidak sama. Pada Gambar 10 (a) yaitu mikroalga *Chlorella sp* dengan perlakuan kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml pada hari ke-0 memiliki kelimpahan 119 x 10^4 sel/ml dan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) 16,16%, pada hari ke-2 mengalami peningkatan kelimpahan menjadi 156 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 14,67%, pada hari ke-4 mengalami peningkatan kelimpahan menjadi 493 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 10,11%, hari ke-6 mengalami penurunan kelimpahan menjadi 397 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 6,01%, dan hari ke-8 mengalami penurunan kelimpahan menjadi 146 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 2,38%.

Mikroalga *Chlorella sp* dengan perlakuan kelimpahan 200 x 10^4 sel/ml pada hari ke-0 memiliki kelimpahan 209 x 10^4 sel/ml dan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) 16,16%, pada hari ke-2 mengalami peningkatan kelimpahan menjadi 279 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 13,33%, pada hari ke-4 mengalami peningkatan

kelimpahan menjadi 695 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 10,17%, hari ke-6 mengalami penurunan kelimpahan menjadi 506 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 5,80%, dan hari ke-8 mengalami penurunan kelimpahan menjadi 198 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 2,61%.

Mikroalga *Chlorella sp* dengan perlakuan kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml pada hari ke-0 memiliki kelimpahan 332 x 10^4 sel/ml dan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) 16,16%, pada hari ke-2 mengalami peningkatan kelimpahan menjadi 479 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 14,61%, pada hari ke-4 mengalami peningkatan kelimpahan menjadi 795 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 8,02%, hari ke-6 mengalami penurunan kelimpahan menjadi 564 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 4,46%, dan hari ke-8 mengalami penurunan kelimpahan menjadi 244 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 1,71%.

Pola grafik laju pertumbuhan kelimpahan dan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) mikroalga *Chlorella sp* untuk pengamatan hari ke-0 sampai hari ke-4 dapat disimpulkan pola grafik tersebut berbanding terbalik. Dimana terjadi peningkatan kelimpahan mikroalga, namun mengalami penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2). Hal ini berbeda dengan pengamatan hari ke-6 sampai hari ke-8 yang berbanding lurus, dimana terjadi penurunan kelimpahan mikroalga dan juga disertasi penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2).

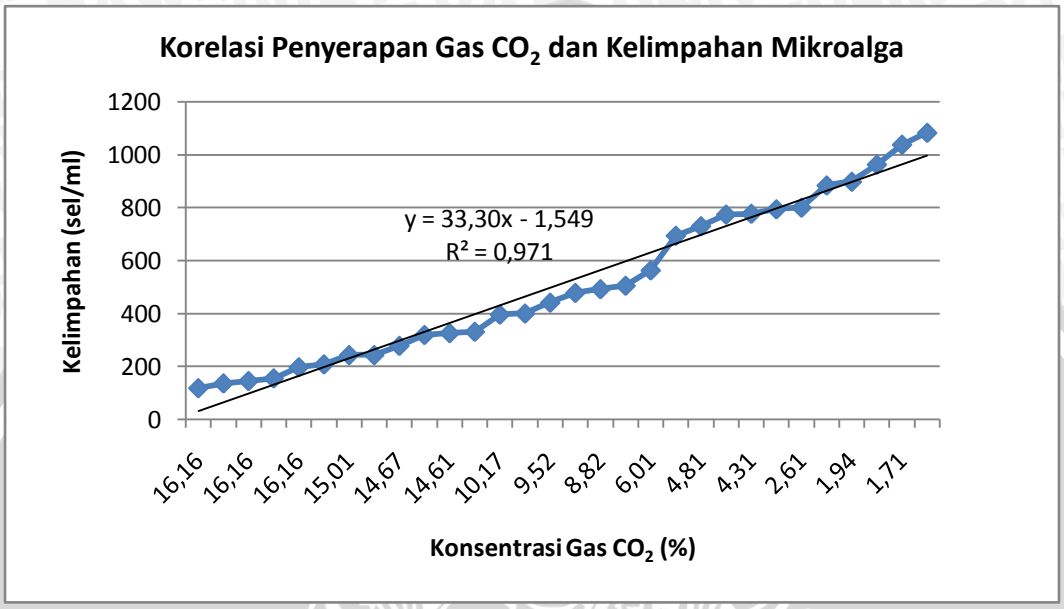
Pola grafik pada Gambar 10 (b) yaitu mikroalga *Spirulina platensis* dengan perlakuan kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml pada hari ke-0 memiliki

kelimpahan 137 x 10^4 sel/ml dan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) 16,16%, pada hari ke-2 mengalami peningkatan kelimpahan menjadi 320 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 15,01%, pada hari ke-4 mengalami peningkatan kelimpahan menjadi 775 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 9,52%, hari ke-6 mengalami peningkatan kelimpahan menjadi 964 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 4,31%, dan hari ke-8 mengalami penurunan kelimpahan menjadi 775 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 1,73%.

Mikroalga *Spirulina platensis* dengan perlakuan kelimpahan 200 x 10^4 sel/ml pada hari ke-0 memiliki kelimpahan 244 x 10^4 sel/ml dan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) 16,16%, pada hari ke-2 mengalami peningkatan kelimpahan menjadi 401 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 14,73%, pada hari ke-4 mengalami peningkatan kelimpahan menjadi 899 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 9,04%, hari ke-6 mengalami peningkatan kelimpahan menjadi 1039 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 4,81%, dan hari ke-8 mengalami penurunan kelimpahan menjadi 778 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 1,94%.

Mikroalga *Spirulina platensis* dengan perlakuan kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml pada hari ke-0 memiliki kelimpahan 327 x 10^4 sel/ml dan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) 16,16%, pada hari ke-2 mengalami peningkatan kelimpahan menjadi 442 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 14,61%, pada hari ke-4 mengalami peningkatan kelimpahan menjadi 885 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 8,82%, hari ke-6 mengalami peningkatan

kelimpahan menjadi 1084 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) menjadi 3,22%, dan hari ke-8 mengalami penurunan kelimpahan menjadi 801 x 10^4 sel/ml dan penurunan konsentrasi gas karbondioksida menjadi 1,36%.



Gambar 11. Grafik Korelasi Penyerapan Gas Karbondioksida (CO2) dan Kelimpahan Sel Mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*)

Persamaan kurva regresi (Lampiran 6) antara penyerapan gas karbondioksida (CO_2) dan kelimpahan mikroalga diperoleh Y = 33,30x – 1,549 dengan nilai R = 0,971. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi negatif antara penyerapan gas karbondioksida (CO_2) dengan kelimpahan mikroalga yang ditunjukkan dengan nilai negatif dari hasil regresi. Dimana terjadi penyerapan gas karbondioksida oleh mikroalga dan juga terjadi pertambahan kelimpahan sel mikroalga. Gas karbondioksida (CO_2) digunakan mikroalga sebagai unsur utama proses fotosintesis dan juga pembentukan sel-sel tubuhnya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Idris (2012) menyatakan bahwa perubahan konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) dengan pertumbuhan mikroalga memiliki hubungan korelasi negatif artinya jika pertumbuhan mikroalga tinggi maka terjadi proses penurunan gas

karbondioksida (CO_2) semakin rendah. Penurunan gas karbondioksida (CO_2) yang terjadi diduga akibat difusi gas karbondioksida (CO_2) pada saat gas karbondioksida (CO_2) dialirkan kedalam fotobioreaktor.

4.3 Konsentrasi Gas Karbondioksida (CO_2) yang diserap oleh Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*

Konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) yang diserap oleh Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dapat dilihat pada Lampiran 4, menunjukkan bahwa penyerapan gas karbondioksida (CO_2) paling besar terdapat pada jenis mikroalga *Chlorella sp* perlakuan kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml pada pengamatan hari ke-4 yaitu sebesar 6,59% dengan persentase 40,78%. Sedangkan untuk perlakuan terbaik penyerapan gas karbondioksida (CO_2) terdapat pada jenis mikroalga *Spirulina platensis* perlakuan kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml dengan rata-rata penyerapan sebesar 91,58%. Penyerapan gas karbondioksida paling kecil terdapat pada jenis mikroalga *Spirulina platensis* perlakuan kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml pada pengamatan hari ke-2 yaitu sebesar 1,15% dengan persentase 7,12%. Sedangkan untuk perlakuan terendah penyerapan gas karbondioksida (CO_2) terdapat pada jenis mikroalga *Chlorella sp* perlakuan kelimpahan 200 x 10^4 sel/ml dengan rata-rata penyerapan sebesar 83,85%. Hal ini menunjukkan bahwa mikroalga dapat menyerap gas karbondioksida (CO_2) yang semula 16,16% menjadi berkurang konsentrasinya dengan penurunan rata-rata berkisar 1,15-6,59% setiap dua hari. Sesuai dengan penelitian Sehabudin (2011) disebutkan bahwa tinggi rendahnya penyerapan karbondioksida (CO_2) oleh mikroalga sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satu faktor yang mempengaruhinya adalah faktor usia mikroalga itu sendiri. Pada fase pertumbuhan mikroalga akan membutuhkan lebih banyak karbondioksida

sehingga proses penyerapan karbondioksida (CO_2) akan berlangsung dengan baik.

4.4 Efektivitas Penyerapan Gas Karbondioksida (CO_2) terhadap Kelimpahan Sel Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dalam Fotobioreaktor

Efektivitas penyerapan gas karbondioksida (CO_2) oleh mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dengan perlakuan kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml, 200 x 10^4 sel/ml dan 300 x 10^4 sel/ml dari masing-masing jenis mikroalga mampu menyerap gas karbondioksida (CO_2) sehingga dapat meminimalkan kandungan karbondioksida (CO_2) yang berlebih pada lingkungan maupun dalam perairan. Tingkat efektifitas penyerapan gas karbondioksida (CO_2) terhadap laju pertumbuhan kelimpahan mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* merupakan tingkat ketepatan waktu yang menunjukkan bahwa kedua jenis mikroalga yang digunakan mampu menyerap gas karbondioksida (CO_2) dalam jangka waktu yang relatif singkat.

4.4.1 *Chlorella sp*

Tingkat efektifitas penyerapan gas karbondioksida (CO_2) pada perlakuan jenis mikroalga *Chlorella sp* didapatkan dari rata-rata persentase kandungan gas karbondioksida (CO_2) yang terserap pada sistem reaktor, untuk kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml didapatkan efektifitas sebesar 21,32% untuk rata-rata pengukuran selama dua hari atau sebesar 10,66% perhari. Pada kelimpahan 200 x 10^4 sel/ml didapatkan efektifitas sebesar 20,96% untuk rata-rata pengukuran selama dua hari atau sebesar 10,48% perhari. Pada kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml didapatkan efektifitas sebesar 22,35% untuk rata-rata pengukuran selama dua hari atau sebesar 11,18% perhari. Hasil efektifitas penyerapan karbondioksida (CO_2) oleh *Chlorella sp* didapatkan hasil terbaik yaitu pada kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml.

Didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Santoso, *et al.,* (2011) menyatakan bahwa pola hubungan antara laju pertumbuhan dan penyerapan gas karbondioksida (CO_2) oleh mikroalga *Chlorella sp* menunjukkan adanya kecenderungan yang sama antara populasi *Chlorella sp* dan penyerapan gas karbondioksida (CO_2). Pada saat populasi *Chlorella sp* meningkat pada awal percobaan, maka penyerapan gas karbondioksida oleh sistem juga meningkat, demikian juga sebaliknya.

4.4.2 *Spirulina platensis*

Tingkat efektivitas penyerapan gas karbondioksida (CO_2) pada perlakuan jenis mikroalga *Spirulina platensis* didapatkan dari rata-rata persentase kandungan gas karbondioksida (CO_2) yang terserap pada sistem reaktor, untuk kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml didapatkan hasil 22,32% untuk rata-rata pengukuran selama dua hari atau sebesar 11,16% perhari. Kelimpahan 200 x 10^4 sel/ml didapatkan hasil 21,99% untuk rata-rata pengukuran selama dua hari atau sebesar 10,99% perhari. Kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml didapatkan hasil 22,89% untuk rata-rata pengukuran selama dua hari atau sebesar 11,45% perhari. Efektifitas penyerapan karbondioksida (CO_2) oleh *Spirulina platensis* didapatkan hasil tertinggi yaitu pada kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml. Sesuai dengan pernyataan Yuliandri, *et al.,* (2013) *Spirulina platensis* adalah salah satu jenis mikroalga yang cocok dikembangkan sebagai agen absorben karbondioksida (CO_2). Mikroalga jenis *Spirulina platensis* memiliki pigmen hijau (klorofil) sehingga dapat melakukan proses fotosintesis. Dalam proses fotosintesis tersebut gas karbondioksida (CO_2) diperlukan sebagai bahan baku untuk pembentukan senyawa metabolit dan biomassa. Mikroalga *Spirulina platensis* memiliki tingkat pertumbuhan yang relatif singkat sehingga kebutuhan gas karbondioksida (CO_2)

cukup tinggi. Dengan demikian mikroalga *Spirulina sp* cocok sebagai media untuk membantu dalam menurunkan kadar karbondioksida (CO_2).

Berdasarkan hasil tersebut didapatkan tingkat efektifitas penyerapan gas karbondioksida (CO_2) terbaik yaitu pada perlakuan dengan menggunakan mikroalga *Spirulina platensis* kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml dengan persentase penyerapan rata-rata sebesar 91,58% atau 11,45% perhari. Sedangkan perlakuan terendah pada mikroalga *Chlorella sp* perlakuan kelimpahan 200 x 10^4 sel/ml yang hanya mampu menyerap rata-rata sekitar 83,85% atau 10,48% perhari. Dari keseluruhan perlakuan menunjukkan tingkat efektifitas terbaik dari kedua jenis mikroalga dan perlakuan perbedaan kelimpahan terhadap tingkat rata-rata penyerapan gas karbondioksida (CO_2) oleh mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* adalah pada perlakuan jenis Mikroalga *Chlorella sp* kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml dengan nilai persentase penyerapan sebesar 40,78%. Hal ini memperlihatkan bahwa mikroalga *Chlorella sp* mampu menyerap kandungan gas karbondioksida (CO_2) tertinggi dalam waktu pengamatan hari ke-4 atau selama empat hari hari sebesar 40,78% yaitu senilai dengan 6,59%. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, dapat diasumsikan bahwa perbedaan jenis mikroalga dan perbedaan kelimpahan mikroalga mempengaruhi tingkat efektifitas dalam penyerapan kandungan gas karbondioksida (CO_2). Menurut penelitian Sehabudin (2011), semakin banyak jumlah sel mikroalga yang terdapat dalam sistem fotobioreaktor maka semakin besar jumlah CO_2 yang dapat diserap oleh mikroalga.

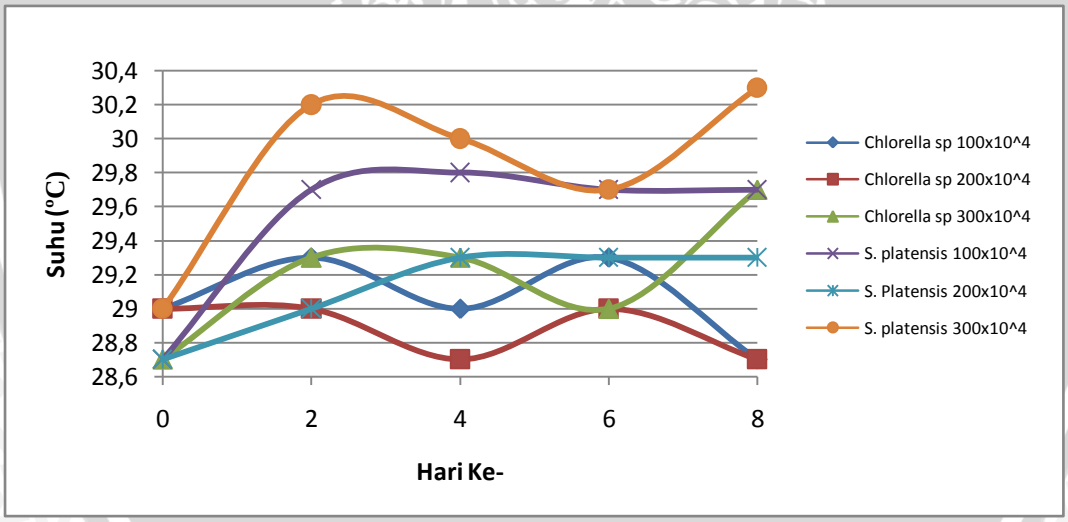
4.5 Analisis Kualitas Air

4.5.1 Suhu

Suhu dapat mempengaruhi proses kimia dari mikroalga. Suhu berpengaruh langsung terhadap laju fotosintesis tumbuhan khususnya reaksi

enzimatis. Perubahan temperatur merupakan indikator terjadinya proses perubahan kondisi kimia dan biologi perairan (Aunurohim, *et al*., 2009). Kenaikan suhu menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air.

Data hasil pengukuran suhu selama pengamatan pada jenis mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dalam fotobioreaktor dapat dilihat pada Lampiran 8 menunjukkan bahwa nilai suhu pada masing-masing jenis mikroalga dan perlakuan perbedaan kelimpahan mikroalga terjadi perubahan suhu yang tidak terlalu besar, yang artinya dari awal sampai akhir pengamatan nilai perubahan suhunya tidak berbeda jauh. Kisaran suhu yang diperoleh rata-rata antara 28,7^{o}C - 30,3^{o}C. Grafik hasil pengukuran suhu dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Perubahan Suhu Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*

Grafik pada Gambar 12 bahwa selama penelitian terjadi perubahan naik turunnya suhu mikroalga baik *Chlorella sp* maupun *Spirulina platensis* pada sistem fotobioreaktor. Perubahan naik turunnya suhu diduga dikarenakan oleh perbedaan penangkapan intensitas cahaya dan proses pertumbuhan dari kedua jenis mikroalga tersebut. Selama delapan hari pengamatan suhu terendah yaitu

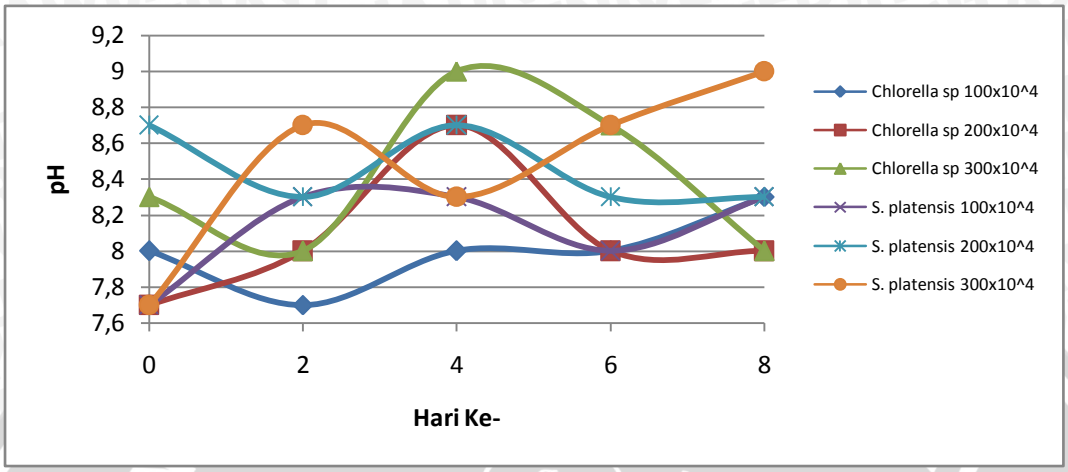
sebesar 28,7^{0}C pada perlakuan menggunakan mikroalga *Chlorella sp* kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml pada hari ke-8, kelimpahan 200 x 10^4 pada hari ke-4 dan ke-8, sedangkan suhu tertinggi pada perlakuan *Spirulina platensis* kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml pada hari ke-8 sebesar 30,3^{0}C. Peningkatan suhu berpengaruh terhadap tingkat penyerapan, karena suhu berkaitan dengan proses metabolisme dan fotosintesis. Suhu juga sangat berperan dalam mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Menurut Ariyanti (2012), pertumbuhan maksimum mikroalga membutuhkan temperatur air berkisar 15-30^{o}C. Sedangkan Menurut Merizawati (2008), kisaran temperatur fitoplankton untuk pertumbuhan optimal berkisar 20-30 ^{o}C. Dapat disimpulkan bahwa hasil pengamatan suhu mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* masih dalam kisaran yang optimum untuk mendukung pertumbuhan mikroalga.

4.5.2 pH

pH atau derajat keasaman menggambarkan keasaman dan kebasaan suatu perairan yang ditunjukkan oleh adanya ion hidrogen. Air dengan kandungan ion H^+ tinggi akan bersifat asam, dan sebaliknya akan bersifat basa (alkali). Nilai pH yang tinggi terjadi di perairan dengan kandungan fitoplankton tinggi, dimana proses fotosintesis membutuhkan banyak karbondioksida (CO_2). pH akan mencapai 9 hingga 10, bahkan lebih tinggi jika bikarbonat diserap dari air. Stabilitas pH dipengaruhi oleh aktivitas respirasi dan fotosintesis. Respirasi akan menurunkan pH, dan sebaliknya fotosintesis menaikkan nilai pH. Hubungan antara karbondioksida (CO_2) dengan pH berbanding terbalik, semakin tinggi kadar karbondioksida (CO_2) maka semakin rendah nilai pH (Sanusi, 2006).

Data pengamatan pH mikroalga jenis *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dapat dilihat pada Lampiran 8 menunjukkan bahwa nilai pH pada masing-masing jenis mikroalga dan perlakuan perbedaan kelimpahan mikroalga terjadi

perubahan pH diantara 7,7-9, yang artinya pada setiap perlakuan pH tidak mengalami perubahan yang signifikan selama pengamatan. Grafik hasil pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Perubahan pH Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*

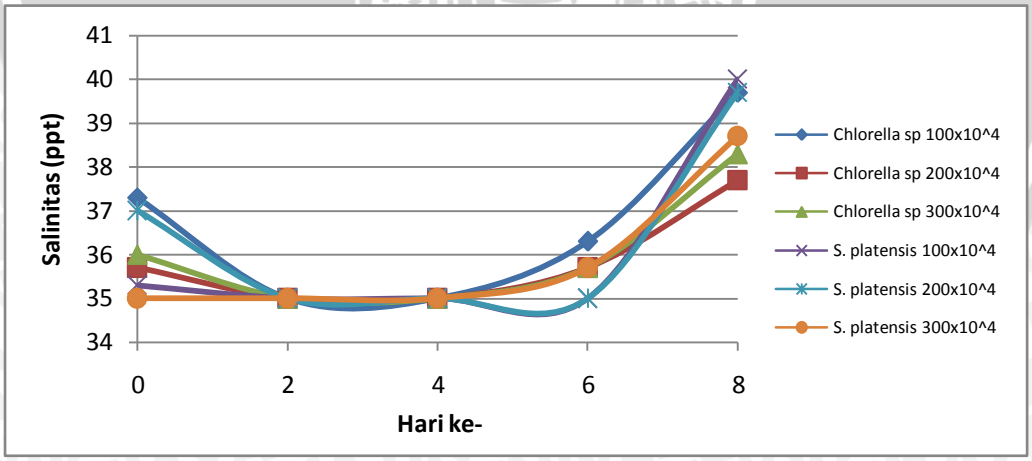
Grafik pada Gambar 13 menunjukkan bahwa selama penelitian terjadi perubahan naik turunnya pH mikroalga baik *Chlorella sp* maupun *Spirulina platensis* pada sistem fotobioreaktor. Perubahan naik turunnya pH secara fluktuatif disebabkan karena mikroalga dalam fotobioreaktor melakukan proses fotosintesis yang membutuhkan jenis karbon anorganik berasal dari karbondioksida bebas. Penyerapan karbondioksida (CO_2) dan ion bikarbonat oleh mikroalga menyebabkan penurunan konsentrasi karbondioksida terlarut sehingga dapat meningkatkan nilai pH. Selama delapan hari pengamatan pH terendah yaitu sebesar 7,7 pada perlakuan menggunakan mikroalga *Chlorella sp* kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml pada hari ke-2 kelimpahan 200 x 10^4 sel/ml pada hari ke-0, untuk jenis *Spirulina platensis* pH terendah yaitu pada hari ke-0 pada kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml dan 300 x 10^4 sel/ml. Sedangkan pH tertinggi pada kedua jenis mikroalga dengan kelimpahan 300 x 10^4 pada hari ke-4 dan ke-8 sebesar 9. Hal ini sesuai dengan pernyataan Odum (1971) *dalam* Wulandari (2009), perairan dengan pH 6-9 merupakan perairan dengan kesuburan yang

tinggi dan tergolong produktif karena memiliki kisaran pH yang dapat mendorong proses pembongkaan bahan organik yang ada dalam perairan menjadi mineral-mineral yang dapat diasimilasikan oleh fitoplankton.

4.5.3 Salinitas

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Perubahan salinitas secara signifikan akan berbahaya bagi pertumbuhan organisme. Hal tersebut disebabkan karena proses osmosis di dalam sel sehingga tubuhnya akan kekurangan atau kelebihan cairan. Ketidakseimbangan antara kadar larutan dalam sel (lebih pekat) dengan media lingkungannya menyebabkan cairan sel menjadi hiperosmosis, akibatnya sel membengkak dan pecah atau lisis (Yulianto, 1989).

Data pengamatan salinitas mikroalga jenis *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dapat dilihat pada Lampiran 8 menunjukkan bahwa nilai salinitas pada masing-masing jenis mikroalga dan perlakuan perbedaan kelimpahan mikroalga tidak terjadi perubahan yang signifikan. Grafik hasil pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Salinitas Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*

Grafik pada Gambar 14 menunjukkan bahwa selama penelitian tidak terjadi perubahan kadar salinitas mikroalga baik *Chlorella sp* maupun *Spirulina*

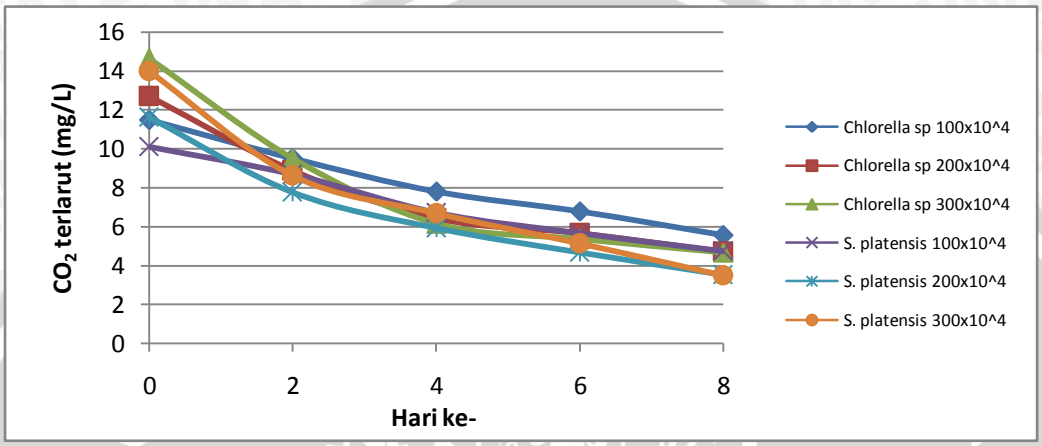
platensis pada sistem fotobioreaktor. Selama delapan hari pengamatan salinitas didapatkan nilai kadar salinitas terendah adalah 35 ppt dan yang tertinggi adalah 40 ppt. Salinitas pada hari ke-2 jenis mikroalga *Chlorella sp* maupun *Spirulina platensis* dengan semua perlakuan kelimpahan rata-rata mengalami penurunan, setelah hari ke-2 sampai hari ke-6 salinitas kedua jenis mikroalga pada masing-masing kelimpahan tidak banyak mengalami perubahan yaitu berkisar antara 35-36 ppt. Sedangkan untuk hari ke-8 salinitas pada kedua jenis mikroalga dan masing-masing kelimpahan mengalami kenaikan berkisar antara 36-40 ppt.

Menurut Rusyani (2007), salinitas merupakan salah satu faktor pembatas bagi pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton. Salinitas yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan menyebabkan tekanan osmosis didalam sel menjadi lebih tinggi maupun lebih rendah, sehingga dapat menggangu aktifitas sel. Pada umumnya fitoplankton air laut akan tumbuh optimal dengan salinitas diantara 25-40ppt.

4.5.4 CO_2 Terlarut

Gas karbondioksida (CO_2) yang ada di atmosfer senantiasa berkesetimbangan dengan karbondioksida (CO_2) terlarut di lautan. Hal tersebut menyebabkan peningkatan konsentrasi karbondioksida (CO_2) di atmosfer berpengaruh terhadap lingkungan perairan (Munandar, 2009). Karbondioksida dalam bentuk karbon anorganik terlarut diubah menjadi karbon organik melalui proses fotosintesis yang dilakukan oleh biota perairan, kemudian kembali ke atmosfer melalui proses respirasi dan dekomposisi (Effendi, 2003). Penurunan karbondioksida (CO_2) dalam ekosistem akan meningkatkan pH perairan. Sebaliknya proses respirasi oleh semua komponen ekosistem akan meningkatkan jumlah karbondioksida (CO_2), sehingga pH perairan menurun (Wetzel, 1983).

Data pengamatan karbondioksida (CO_2) terlarut mikroalga jenis *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dapat dilihat pada Lampiran 8 yang menunjukkan bahwa nilai karbondioksida (CO_2) terlarut pada masing-masing jenis mikroalga dan perlakuan perbedaan kelimpahan mikroalga terjadi perubahan yang signifikan. Grafik hasil pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik Perubahan CO_2 Terlarut Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*

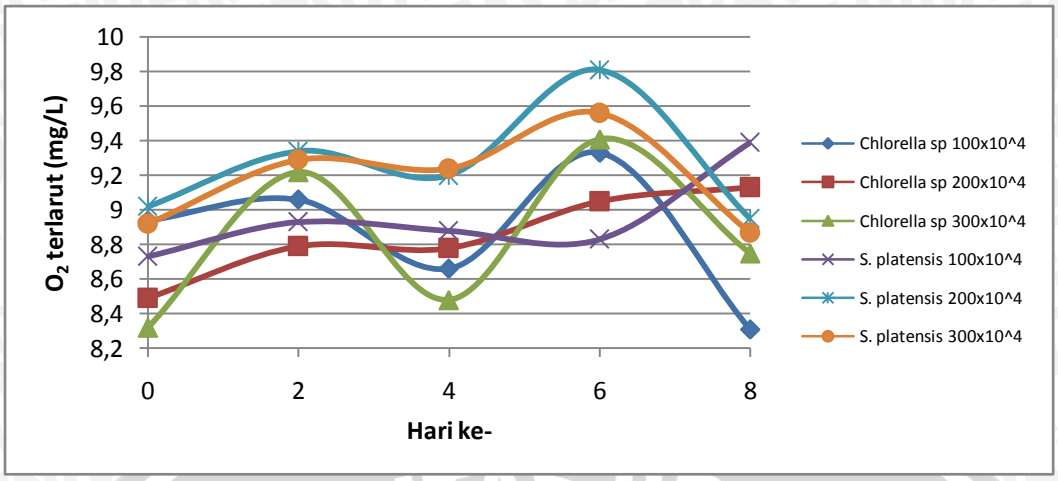
Grafik pada Gambar 15 menunjukkan bahwa selama penelitian terjadi penurunan nilai karbondioksida (CO_2) terlarut mikroalga baik *Chlorella sp* maupun *Spirulina platensis* pada sistem fotobioreaktor. Penurunan karbondioksida (CO_2) terlarut disebabkan karena karbondioksida (CO_2) dalam air digunakan secara langsung untuk proses fotosintesis. Selama delapan hari pengamatan karbondioksida (CO_2) terlarut terendah yaitu sebesar 3,51 mg/L pada perlakuan menggunakan mikroalga *Spirulina platensis* kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml pada hari ke-8, untuk nilai karbondioksida (CO_2) terlarut tertinggi yaitu sebesar 14,63 mg/L pada perlakuan mikroalga *Chlorella sp* 300 x 10^4 sel/ml pada hari ke-0. Hasil pengukuran karbondioksida (CO_2) terlarut masih dalam kisaran normal, hal ini sama dengan pernyataan Boyd, (1998) *dalam* Effendi, (2003) bahwa konsentrasi karbondioksida (CO_2) terlarut sebesar 10 mg/L masih dapat ditolerir oleh mikroorganisme akuatik, asal disertai konsentrasi oksigen yang cukup. Sebagian besar organisme akuatik masih dapat bertahan hidup hingga

konsentrasi karbondioksida (CO_2) bebas mencapai sebesar 60 mg/L. Menurut Effendi (2003), karbondioksdia (CO_2) total menunjukkan penjumlahan dari semua bentuk anorganik dari karbondioksida (CO_2). Proses fotosintesis di perairan dapat memanfaatkan karbondioksida (CO_2) bebas sebagai sumber karbon. Kadar karbondioksida (CO_2) di perairan dapat mengalami pengurangan bahkan hilang akibat proses fotosintesis, evaporasi dan agitasi.

4.5.5 O_2 terlarut

Konsentrasi O_2 terlarut adalah parameter penting dalam menentukan kualitas perairan. Konsentrasi O_2 dipengaruhi oleh keseimbangan antara produksi dan konsumsi O_2 dalam ekosistem. Konsentrasi O_2 rendah akan meningkatkan kecepatan respirasi, menurunkan efisiensi respirasi dan pertumbuhan yang dapat berakibat pada kematian massal (Izzati, 2008). Respirasi mendukung proses metabolisme organisme sehingga kandungan O_2 terlarut dalam perairan sangat diperlukan bagi kelangsungan proses pertumbuhannya (Ariyati, *et al*., 2007). Peningkatan bahan organik juga meningkatkan konsumsi O_2. Hal tersebut diakibatkan oleh perombakan bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme. Kelarutan O_2 di dalam laut dipengaruhi oleh suhu dan salinitas. Semakin tinggi suhu dan salinitas perairan maka kelarutan O_2 semakin kecil (Sanusi, 2006).

Data pengamatan O_2 terlarut mikroalga jenis *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dapat dilihat pada Lampiran 8 menunjukkan bahwa nilai pH pada masing-masing jenis mikroalga dan perlakuan perbedaan kelimpahan mikroalga terjadi perubahan O_2 terlarut dari hari ke hari. Perubahan yang terjadi berkisar diantara diantara 8-9 mg/L. Grafik hasil pengukuran O_2 dapat dilihat pada Gambar 16.



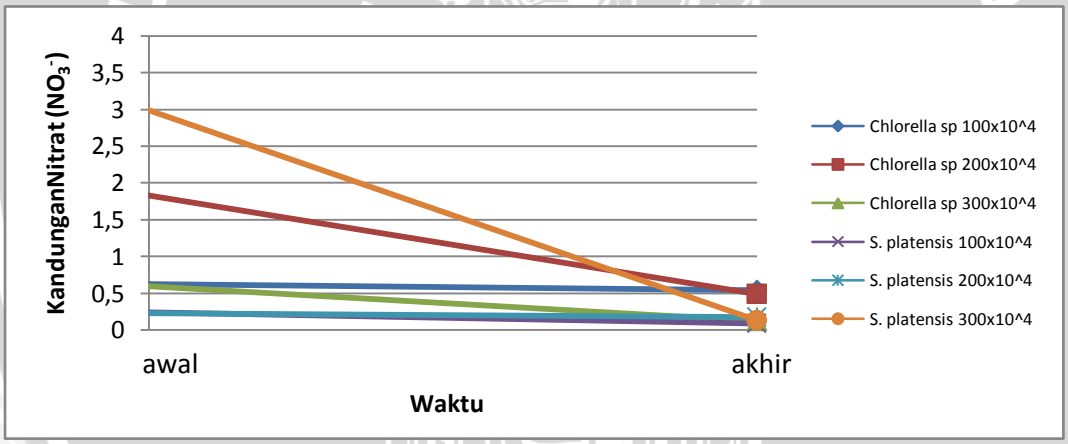
Gambar 16. Perubahan O_2 Terlarut Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*

Grafik pada Gambar 16 menunjukkan bahwa selama penelitian terjadi perubahan naik turunnya O_2 terlarut mikroalga baik *Chlorella sp* maupun *Spirulina platensis* pada sistem fotobioreaktor. Perubahan naik turunnya O_2 terlarut secara fluktuatif disebabkan karena mikroalga dalam fotobioreaktor melakukan proses fotosintesis yang juga dipengaruhi oleh keadaan lingkungan. Selama delapan hari pengamatan O_2 terlarut terendah yaitu sebesar 8,31 mg/L pada perlakuan menggunakan mikroalga *Chlorella sp* kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml pada hari ke-8, sedangkan O_2 terlarut tertinggi pada jenis mikroalga *Spirulina platensis* dengan kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml pada hari ke-6 sebesar 9,81 mg/l. Hal ini sesuai dengan pernyataan Barus (2004) yang meyatakan bahwa nilai O_2 terlarut sebaiknya berkisar 6-9 mg/L. Dinamika oksigen terlarut yang terjadi dalam ekosistem perairan ditentukan oleh keseimbangan antara produksi dan konsumsi oksigen. Tumbuhan akuatik merupakan faktor yang penting dalam menentukan keseimbangan oksigen dalam ekosistem perairan. Menurut Boyd (1990) *dalam* Puspitaningrum (2012), produksi oksigen berlangsung melalui proses fotosintesis oleh komunitas autotrof, sedangkan konsumsi oksigen dilakukan oleh semua organisme melalui proses respirasi dan perombakan bahan organik.

4.5.6 Nitrat (NO_3^-)

Nitrat (NO_3^-) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrien utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrat yang merupakan sumber nitrogen bagi tumbuhan selanjutnya dikonversi menjadi protein (Effendi, 2003).

Data pengamatan nitrat (NO_3^-) mikroalga jenis *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dapat dilihat pada Lampiran 8 menunjukkan bahwa pada masing-masing jenis mikroalga dan perlakuan perbedaan kelimpahan mikroalga terjadi penurunan nitrat dari hari ke-0 sampai hari ke-8. Grafik hasil pengukuran nitrat dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Perubahan Nitrat (NO_3^-) Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*

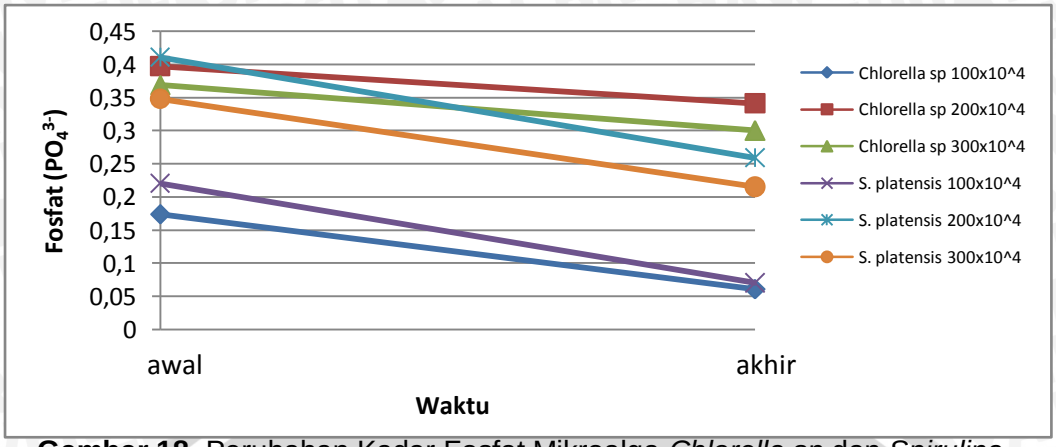
Grafik pada Gambar 17 menunjukkan bahwa selama penelitian terjadi penurunan nilai nitrat (NO_3^-) mikroalga baik *Chlorella sp* maupun *Spirulina platensis* pada sistem fotobioreaktor. Penurunan nilai nitrat (NO_3^-) diduga karena nutrien yang terdapat dalam kultur digunakan oleh mikroalga sebagai sumber nutrien pada proses metabolisme. Hasil penelitian yang didapatkan untuk pengukuran Nitrat (NO_3^-) kedua jenis mikroalga masih dalam kisaran normal. Hal ini didukung dengan penelitian yang dilakukan Alam (2011), menjelaskan bahwa

kisaran nitrat (NO_3^-) terendah untuk pertumbuhan alga adalah 0,2-0,9 mg/L, sedangkan nitrat (NO_3^-) untuk pertumbuhan optimal adalah 0,9-3,5 mg/L. Menurut Sumarlinah (2000) *dalam* Umainana (2012), kebutuhan makro nutrien dan mikro nutrien dalam kultur mikroalga harus tercukupi untuk pertumbuhan yang optimal terutama unsur N dan P yang berfungsi untuk pembentukan klorofil dan keperluan untuk fotosintesis.

4.5.7 Fosfat (PO_4^{3-})

Unsur fosfor dapat ditemukan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut dan senyawa organik yang berupa partikulat ortofosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat langsung dimanfaatkan oleh mikroalga. Fosfor merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan alga karena berpengaruh terhadap tingkat produktivitas perairan dan berperan dalam transfer energi di dalam sel (*Adenosine Triphosphate* dan *Adenosin Diphosphate*), sehingga menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan alga (Effendi, 2003). Fosfat diadsorbsi oleh fitoplankton dan seterusnya masuk ke dalam rantai makanan. Peningkatan kadar PO4 dalam laut akan menyebabkan terjadinya ledakan populasi fitoplankton (Hutagalung, *et al*., 1997).

Data pengamatan fosfat mikroalga jenis *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dapat dilihat pada Lampiran 8 menunjukkan bahwa pada masing-masing jenis mikroalga dan perlakuan perbedaan kelimpahan mikroalga terjadi perubahan fosfat dari hari ke-0 sampai hari ke-8. Grafik hasil pengukuran fosfat dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Perubahan Kadar Fosfat Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina Platensis*

Grafik pada Gambar 18 menunjukkan bahwa selama penelitian terjadi perubahan nilai fosfat (PO_4^{3-}) mikroalga baik *Chlorella sp* maupun *Spirulina platensis* pada sistem fotobioreaktor. Pada hari ke-0 sampai ke-8 kadar fosfat terus mengalami penurunan. Penurunan nilai fosfat (PO_4^{3-}) diduga karena nutrien yang terdapat dalam kultur digunakan oleh mikroalga sebagai sumber nutrien pada proses metabolisme. Menurut Sehabudin (2011), Fosfor merupakan salah satu unsur penting bagi pembentukan protein dan metabolisme pada sel mikroalga. Fosfor sangat diperlukan dalam transport energi pada sel dan terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit. Di dalam perairan, unsur fosfor terdapat dalam senyawa fosfat yang berada dalam bentuk ortofosfat terlarut dalam air yang dapat diserap oleh organisme perairan. Hasil pengukuran fosfat (PO_4^{3-}) dalam penelitian ini masih termasuk dalam kisaran yang optimum dimana hal ini sesuai dengan pernyataan Rudiyanti (2011), bahwa untuk nilai fosfat yang optimum dalam pertumbuhan alga adalah berkisar 0,018-27,8 mg/L.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan judul "Efektifitas Penyerapan Karbondioksida (CO_2) Pada Fotobioreaktor Dengan Menggunakan Mikroalga *Chlorella Sp* Dan *Spirulina platensis"* dapat diambil kesimpulan antar lain:

1. Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* tidak memiliki perbedaan yang nyata dalam proses penyerapan gas karbondioksida (CO_2). Kemampuan penyerapan gas karbondioksida (CO_2) tertinggi pada jenis mikroalga *Spirulina platensis* perlakuan kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml dan terendah pada jenis mikroalga *Chlorella sp* perlakuan 200 x 10^4 sel/ml.
2. Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* memiliki perbedaan yang nyata dalam laju pertumbuhannya. Laju pertumbuhan kelimpahan mikroalga tertinggi pada jenis mikroalga *Spirulina platensis* perlakuan kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml dengan total kelimpahan sebesar 3539 x 10^4 sel/ml, dan terendah pada jenis mikroalga *Chlorella sp* perlakuan kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml dengan total kelimpahan sebesar 1311 x 10^4 sel/ml.

5.2 Saran

Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan yang menggunakan jenis mikroalga lainnya, sehingga nantinya didapatkan jenis mikroalga dan kelimpahan yang paling optimal dalam menyerap karbondioksida (CO_2).

DAFTAR PUSTAKA

Abdurrachman, O., M. Meitiandari dan L. Buchori. 2013. Pengikatan Karbondioksida dengan Mikroalga (*Chlorella vulgaris, Chlamyotomonas sp, Spirullina sp*). Dalam upaya untuk Meningkatkan Kemurnian Biogas. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri **vol. 2 no. 4** Tahun 2013. Halaman 212 – 216.

Abidin, Z. 1984. Ilmu Tanaman. Penerbit Angkasa. Bandung.

Alam, A. A. 2011. Kualitas Karaginan Rumput Laut Jenis *Euchema Spinosum* di perairan Desa Panaga Kabupaten Takalar. Skripsi. FPIK. UNHAS. Makasar

Arifin, A. C. dan G. Yudhoyono. 2013. Fiksasi CO_2 oleh Chlorella vulgaris sebagai Medium Pengkonversi dalam bubble Column Reactors. Jurnal sains dan seni pomits **vol.2 no.1** (2013) 2337 – 3520.

Arikunto, S. 2002. Prosedur Suatu Pendekatan Praktek. PT. Rineta Cipta. Jakarta.

Ariyanti, D dan N. A. Handayani. 2012. Mikroalga Sebagai Sumber Biomassa Terbarukan : Teknik Kultivasi dan Pemanenan. Jurusan Teknik. Universitas Diponegoro

Ariyati, R. W., L. Sya'rani, E. Arini. 2007. Analisis Kesesuaian Perairan Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan sebagai Lahan Budidaya Rumput Laut. *Jurnal Pasir Laut.* 3(1): 27-45.

Aryulina, D. 2004. Biologi SMA untuk Kelas X. Esis. Jakarta.

Aunurohim, D. Saptarini, D. Yanthi. 2009. Fitoplankton Penyebab *Harmful Algae Blooms* (HABs) di Perairan Sidoarjo. *Jurnal*. Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya. 1937: 1-7.

Barus, T. A. 2004. Pengantar Limnologi: Study tentang Ekosistem Air Daratan. USU Press: Medan

Bold, H.C., dan Wayne, J.M. 1985. Introduction to The Algae (*2nd ed*). New Jersey: Prentice Hall. Inc. 720pp

Boyd, C.E. 1982. Water Quality In Warmwater fish Ponds. Craftmaster Printers Inc. Opelika, Alabama. 359 p.

BPPT. 2010. Optimalisasi Pemanfaatan Limbah Organik Sebagai Substitusi Media Kultur Mikroalga dalam Upaya Mereduksi CO_2. Pusat Tekhnologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Tekhnologi Tahun 2010.

BSN (Badan Standardisasi Nasional). 2004. Air Demineral. Balai Besar Litbang Industri Hasil Pertanian. Bogor. SNI (01-6241-2000): 5-6

Chalid, S. Y., S. Amini dan S. D. Lestari. 2014. Kultivasi Chlorella sp pada media tumbuh yang diperkaya dengan pupuk anorganik dan soil extract. Program studi Kimia. Fakultas Sains dan Tekhnologi UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta

Chisti, Y. 2007. Biodiesel from Microalgae, Biotechnology Advances, Vol. 25, hal 294-306. Institute of Technology and Engineering, Massey University, Private bag 11 222, Palmerston north, New Zealand.

Chiu, S. Y., C.y. Kao.C.H. Chen, T.C. Kuan. S. C. Ong dan C.Shin. 2007. Reduction of CO_2 by high_density culture of Chlorellasp. In a semi continous photobioreactor. Bioresource technology 99 (2008) pp : 3389.

Christiana, R. Kristopo, H. Dan L. Limantara. 2008. Photodegradation and antioxidant Activity of Chlorophyll a from Spirulina (*Spirulina sp.*) Powder. *Indo. J. Chem.,* **8 (2)**: 236-241

Daniyati, R., G. Yudhoyono., A. Rubiyanto. 2012. Desain Closed Photobioreactor *Chlorella vulgaris* sebagai Mitigasi Emisi CO_2. Jurusan Fisika, Fakultas MIPA. ITS. Surabaya.

Dewi, Y. S. dan Y. H. Gultom. 2009. Pemanfaatan Algae Chlorella sp dan Eceng Gondok untuk Menurunkan Tembaga (Cu) Pada Industri Pelapisan Logam. Seminar Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Kimia 2009 UNDIP.

Dianursanti dan A. Wijanarko. 2007. Optimasi Intensitas Cahaya Fiksasi CO_2 Spirullina Gigantalis untuk Meningkatkan Produksi Asupan Pangan. DIKTI – Hbah Bersaing 2007.

Dwidjoseputro, D. 1989. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Penerbit PT Gramedia : Jakarta.

Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Penerbit: Kanisius. Yogyakarta

Fataruba, N. 2010. Penelitian Eksperimen.

Google images. 2014. www.Chlorella sp.com diakses pada tanggal 02 Oktober 2014 pukul 19.22 WIB

_____. 2014. www.Grafik Pertumbuhan Mikroalga.com diakses pada tanggal 02 Oktober 2014 pukul 19.24 WIB

_____. 2014. www.Reaksi Fotosintesis.com diakses pada tanggal 02 Oktober 2014 pukul 19.26 WIB

_____. 2014. www.Siklus Calvin.com diakses pada tanggal 02 Oktober 2014 pukul 19.26 WIB

Hariyadi, S. N. N. Suryadiputra dan W. Bambang. 1992. Limnologi Metode Analisis Kualitas Air. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor. Bogor. Skripsi

Hariyati, R. 2008. Pertumbuhan dan Biomassa Spirullina sp dalam Skala Laboratoris. BIOMA **vol. 10 no 9** hal 10 – 22.

Harnadiemas, R, F. 2012. Evaluasi Pertumbuhan esensial *Chlorella vulgaris* Pada Kultivasi Fotobioreaktor Outdoor Skala Pilot dengan Pencahayaan Terang gelap Alami. Jurnal Skripsi. FT. UI. Depok

Heddy, S. 1987. Biologi Pertanian. Penerbit CV. Rajawali : Jakarta.

Hendrawati, T.H. Prihadi dan N.N. Rohmah. 2013. Analisis Kadar Phosfat dan N-Nitrogen (Amonia, Nitrat, Nitrit) pada Tambak Air Payau Akibat Rembesan Lumpur Lapindo di Sidoarjo, Jawa Timur.

Hermanto, M.B. 2009. Thesis system and control: identification of Algae Growth Kinetics, System and Control Group. Wageningen University, Agrotechnology and Food Science. Netherland.

Hutagalung, H. P., D. Setiapermana, S. H. Riyono. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. Buku 2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta. 181 h.

Idris, M. K. 2012. Efektivitas Penyerapan Karbondioksida (CO2) oleh Fitoplankton *(chaetoceros sp.)* Pada Fotobioreaktor. Skripsi. FPIK. IPB. Bogor.

Isnansetyo, A. dan Kurniastuti. 1995. Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton. Kanisius: Yogyakarta.

Izzati, M. 2008. Perubahan Konsentrasi Oksigen Terlarut dan pH Perairan Tambak setelah Penambahan Rumput Laut *Sargassum plagyophyllum* dan Ekstraknya. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 16(2): 60-69.

Karsono, A.B.B. 2012. Studi Fotobioreaktor *Chlorella sp* untuk Pengolah Limbah Cair Industri Tahu. Skripsi. FTP UB: Malang.

Kordi, M. G. dan B.T. Andi. 2007. Pengelolaan Kualitas Air. Penerbit Rineka Cipta: Jakarta

Kwangdinata, R. 2013. Produksi Biodisel dari Lipid Fitoplankton *Nannocloropsis sp* Melalui Metode Ultrasonik. *Marina Chimica Acta*. Jurusan Kimia FMIPA UNHAS: Makassar

Merizawati. 2008. Analisis Sinar Merah, Hijau, dan Biru (Rgb) Untuk Mengukur Kelimpahan Fitoplankton (*Chlorella sp*). Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor

Muchib. 2012. Manfaat Karbondioksida (CO_2). Artikel Ilmiah tentang Karbondioksida (CO_2). IPB : Bogor

Mulyanto, A. 2010. Mikroalga (*Chlorella sp*) sebagai Agensia Penambat Gas Karbondioksida. J. Hidrosfer Indonesia **vol. 5 no. 2** hal 13 – 23 : Jakarta.

Munandar, H. 2009. Sistem Karbonat di Laut serta Peranannya bagi Biota *Calsifier*. Balai Konservasi Biota Laut, Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. *Jurnal Oseana*. 34(1): 35-46.

Natzir. 1988. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia. Jakarta.

Nugraha, H, A. 2012. Pemanfaatan Gas Karbondioksida (CO_2) Pada Kultivasi outdoor Mikroalga *(Nannochloropsis sp).* Skripsi. IPB. Bogor.

Nurdiansyah, A. S. 2012. Teknologi Penyerapan Karbondioksida dalam Kandungan Biogas pada Fotobioreaktor dengan Fitoplankton *Chlorella sp*. Skripsi. FTP UB: Malang.

Nurhayati, T. 2013. Penggunaan Fotobioreaktor Sistem *Batch* Tersirkulasi Terhadap tingkat pertumbuhan Mikroalga *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sp* Dan *Nannochloropsis sp.* FTP UB. Malang.

Panggabean, L. M. E. 2007. Koleksi Kultur Mikroalga. Oseana, **Volume xxxii, no 2**, Tahun 2007:11 – 20.

Prihantini, N.B, Putri, B. dan R. Yunianti. 2005. Pertumbuhan Chlorella sp dalam Medium Ekstrak Tauge (Met) dengan Variasi pH Awal. *MAKARA, SAINS*, Vol **9**, No.**1**, APRIL 2005:1-6

Puspitaningrum, M. Izzati, M dan S. Haryanti. 2012. Produksi dan Konsumsi Oksigen Terlarut oleh Beberapa Tumbuhan Air. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. Volume **XX**, Nomor **1**, 47-55.

Rianawaty, I. 2009. Fotosintesis. Text Book.

Rosita, E., W. R. Melani., A. Zulfikar. 2013. Efektivitas Fitoremediasi Kangkung Air (Ipomoea Aquatica) Terhadap Penyerapan Orthopospat pada Detergen Ditinjau dari Detensi Waktu dan Konsentrasi Orthopospat. Programme Study Management Aquatic Resources Faculty of Marine Science and Fisheries, University Maritime Raja Ali Haji.

Rostini, I. 2007. Kultur fitoplankton (*Chlorella sp* dan *Teitraselmis chuii*) pada skala Laboratorium. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Jatinagor

Rudiyanti, S. 2011. Pertumbuhan *Skeletonema costatum* Pada Berbagai Tingkat Salinitas Media. *Jurnal Saintek Perikanan* **vol.6 no.2** hal 69-76

Rusyani, E., Sapta. A.I.M. dan Lydia, E., 2007. Budidaya Fitoplankton Skala Laboratorium dalam Budidaya Fitoplankton dan Zooplanton. Balai Budidaya Laut Lampung. Direktorat Jendral Perikanan Budidaya. Departemen Kelautan dan Perikanan: 9 Lampung. Hal: 48-59

Sagala, E.P. dan Z. Hanafiah. 2012. Plantonologi. Jurusan Biologi. FMIPA. Universitas Sriwijaya. Inderalaya.

Santoso, A. D., R. A. Darmawan dan J. P. Susanto. 2011. Mikroalga untuk Penyerapan Emisi CO_2 dan Pengolahan Limbah Cair di Lokasi Industri. Jurnal Ilmu dan Tekhnologi Kelautan Tropis **vol. 3 no. 2** hal 62 – 70.

Sanusi, H. S. 2006. Kimia Laut. Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 188 h.

Sastrawidjaya, T. 2000. Pencemaran Lingkungan. PT. Rineka Cipta : Jakarta.

Sehabudin, S. 2011. Penambatan Karbondioksida dan Pengaruh Densitas Alga Air Tawar (*Chlorella sp*) terhadap Pengurangan Emisi Karbondioksida. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Syarif Hidayatullah. Jakarta.

Septiawan, H. 2011. Karbondioksida (CO_2) : Efek dan Penanganannya.

Setiawan. A., Kardoko., R. A. Darmawan., A. D. Susanto., A. H. Stani., Prasetyadi. 2008. Tekhnologi Penyerapan Karbondioksida dengan Kultur Fitoplankton pada Fotobiorekator. ITB : Bandung.

Simamora, S. 2006. Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas Dari Kotoran Ternak. Agromedia Pustaka, Jakarta

Sulistyo, J. DR, M.Agr. 2010. Eksplorasi Sumberdaya Mikroba Penghasil Lemak Sel Tunggal Untuk Pengembangan Bioenergi Alternatif Berbasis Biodiesel dan Biomassa. Laporan Kemajuan Kegiatan Tugas Akhir. Program Intensif Peneliti dan Rekayasa. LIPI. 2010. Cibinong.

Sutomo. 2005. Kultur Tiga Jenis Mikroalga (*Tetraselmis sp., Chlorella sp.,* dan *Dunaliella gracilis*) dan Pengaruh Kepadatan Awal terhadap Pertumbuhan *C. Gracilis* di Laboratorium. *Oceanologi dan Limnologi Indonesia*. **37: 43-58**

Suwanto, A. S. 2009. Pengaruh Perbedaan Panjang Gelombang dan Intensitas Cahaya pada Produksi pigmen *C. Phycocyanin* dan *Spirulina platensis*. ITB. Bandung

Umainana, R.U, A.S. Mubarak, dan E.D. Masithah. 2012. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Daun Turi Putih (*Sesbania grandiflora*) Terhadap Populasi *Chlorella sp*. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga. Surabaya

Wetzel, R. G. 1983. Limnology. Second Edition. Saunders College Publishing, Toronto. 859 h.

Wijoseno, T. 2011. Uji Pengaruh Variasi Media Kultur Terhadap Tingkat pertumbuhan dan Kandungan Nitrit Total *Nannochloropsis oculata*. Ilmu Kelautan. Vol.16 (1) : 24-29.

Widyaningrum, N, F. 2013. Studi Eksperimental Fotobioreaktor *Photovoltaic* untuk Produksi Mikroalga. Skripsi. FTP. UB. Malang.

Wibowo, K. T. 2008. Cara Mengkultur Benthic Diatom daro Skala Lab sampai Skala Masal Untuk Suplai Pakan Larva Abalone. http://kumpulblogger.com/mac.php. Diakses pada tanggal 31 Mei 2014.

Wulandari, D. 2009. Keterikatan Antara Kelimpahan Fitoplankton dengan Parameter Fisika Kimia di Estuari Sungai Brantas (Porong), Jawa Timur. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor

Ya Kao-Chien, Sheng-Yi Chiu, Tzu-Ting Huang, Le Dai, Guan-Hua Wang, Ching-Ping Tseng, Chiun-Hsun Chen, dan Chih-Sheng Lin. 2012. A Mutant Strain of Microalga *Chlorella sp*. for the Carbon Dioxide Capture from Biogas. Biomass and Bioenergy **36** (2012) **132-140**

Yuliandri, F., Y. D. Utama dan L. Buchori., 2013. Biofiksasi CO_2 oleh Mikroalga Spirullina sp dalam Upaya Pemurnian Biogas. Jurnal Tekhnologi Kimia Industri **vol. 2 no. 4** tahun 2013 halaman 125 – 131.

Yulianto, K. 1989. Pengaruh Penurunan Salinitas Terhadap Laju Fotosintesis Alga Hijau (*Caulerpa serrulata forsk*) *J. Agardh* dan *Valonia Aegagropila C. Agardh*. Jurnal. Balai Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Ambon. ISBN (979-8093-04-6): 39-44.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat Penelitian dan Fungsi

No	Alat Penelitian	fungsi
1	*Autoclave*	Mensterilkan alat-alat kecil
2	Kompor	Untuk memanaskan *autoclave*
3	Selang aerator	Menyalurkan aerasi dari aeorator ke batu aerasi
4	Toples 2,5 L dan 20 L	Wadah kultur mikroalga
5	Spatula	Menghomogenkan larutan
6	Gelas ukur 25ml,100ml dan 1000 ml	Untuk mengukur volume larutan yang dibutuhkan
7	*Beaker glass* 25ml, 50ml, 100ml, dan 1000ml	Sebagai wadah larutan
8	Aerator	Memberi aerasi
9	Cawan porselen	Sebagai tempat sampel saat uji kadar nitrat
10	*Hot plate*	Memanaskan sampel
11	Jurigen	Wadah air laut
12	Cuvet	Wadah larutan sampel yang akan diuji absorbansinya pada spektrofotometer
13	Spektrofotometer	Untuk mengukur nilai absorbansi larutan sampel
14	*Haemocytometer*	Menghitung kelimpahan mikroalga
15	*Handtally counter*	Menghitung kelimpahan mikroalga
16	Fotobioreaktor - Reaktor - Ban - Selang - *Air pump* - Pipa - *Gas holder*	Reaktor untuk mereaksikan mikroalga dengan gas karbondioksida yang dialirkan
17	Pipet tetes	Memidahkan larutan dalam skala kecill
18	Pipet volume 10 ml	Memindahka larutan dalam skala 10ml
19	Bola hisap	Membantu pipet volume dalam mengambil larutan yang dibutuhkan
20	Erlenmeyer 25ml, 50ml	Wadah saat uji kadar phospat
21	Thermometer	Mengukur suhu
22	Kotak standart pH	Menentukann pH
23	Refraktometer	Mengukur salinitas
24	Statif	Sebagai tempat buret
25	Buret	Wadah titran saat titrasi
26	Corong	Mempermudah memindahkan larutan
27	Mikroskop	Menganalisa kelimpahan mikroalga
28	*Cover Glass*	Untuk menutup *haemocytometer* yang telah berisi larutan sampel
29	*Washing botle*	Sebagai tempat aquadest
30	Kantong Plastik 5kg	Sebagai wadah gas karbondioksida untuk di uji
31	*Gas Analyzer* merk stargas 898	Menganalisa kandungan gas karbondioksida

Lampiran 2. Bahan Penelitian dan Fungsi

No	Bahan Penelitian	Fungsi
1	Kertas Koran	Sebagai pembungkus alat-alat yang dsterilisasi
2	Karet gelang	Untuk mengikat plastik yang berisi gas karbondioksida
3	Kertas saring	Untuk menyaring larutan
4	Chlorine	Chlorin test
5	$Na_2S_2O_3$ (Na-thiosulfat)	Mensterilkan air laut
6	Air Tawar	Mencuci alat yang telah digunakan
7	Bibit mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*	Sebagai starter mikroalga untuk dikultur
8	Plastik bening	Sebagai pelindung reaktor dari kontaminasi
9	Air laut	Media tumbuh mikroalga
10	Asam fenol disulfonik	Pereaksi dalam uji Nitrat
11	Aquadest	Untuk mencuci alat-alat yang digunakan
12	NH4OH (1:1)	Peraksi uji nitrat
13	Tisu	Membersihkan alat-alat yang telah digunakan
14	Ammonium molibdat	Pereaksi uji phospat
15	$SnCl_2$	Pereaksi uji phospat
16	pH paper	Mengukur pH air
17	Larutan PP (Phenolpthealin)	Indikator perubahan warna saat uji CO2 terlarut
18	Larutan Na_2CO_3 0,0454 N	Pereaksi uji CO2 terlarut
19	Alkohol 70%	Mensterilkan alat-alat secara kimiawi
20	Kertas label	Penanda sampel
21	Biogas	Sampel yang diukur pengurangan karbondioksidannya
22	Pupuk Walne	Sebagai nutrien mikroalga
23	Karet gelang	Pengikat sampel gas yang dimasukkan kedalam plastik

Lampiran 3. Data Hasil Pengamatan

Jenis Mikroalga	Hari ke-	Kelimpahan Awal (x10^4 sel/ml)	Kelimpahan Akhir (x10^4 sel/ml)	Gas CO_2 (%)
Chlorella sp	0	100	119	16,16
	2		156	14,67
	4		493	10,11
	6		397	6,01
	8		146	2,38
	0	200	209	16,16
	2		279	13,33
	4		695	10,17
	6		506	5,8
	8		198	2,61
	0	300	332	16,16
	2		479	14,61
	4		795	8,02
	6		564	4,46
	8		244	1,71
Spirulina platensis	0	100	137	16,16
	2		320	15,01
	4		775	9,52
	6		964	4,31
	8		731	1,73
	0	200	244	16,16
	2		401	14,73
	4		899	9,04
	6		1039	4,81
	8		778	1,94
	0	300	327	16,16
	2		442	14,61
	4		885	8,82
	6		1084	3,22
	8		801	1,36

Lampiran 4. Data Hasil Rata-rata Pengukuran Konsentrasi Gas Karbondioksida (CO_2) yang diserap oleh Mikroalga (*Chlorella sp dan Spirulina platensis)*

Jenis Mikroalga	Kelimpahan ($x10^4$ sel/ml)	Hari ke-	Gas CO_2 (%)	Gas CO_2 yang diserap (%)	Efektifitas penyerapan gas CO_2 (%) per hari pengamatan
Chlorella sp	100	0	16,16	-	-
		2	14,67	1,49	9,22
		4	10,11	4,56	28,22
		6	6,01	4,1	25,37
		8	2,38	3,63	22,46
	200	0	16,16	-	-
		2	13,33	2,83	17,51
		4	10,17	3,16	19,55
		6	5,8	4,37	27,04
		8	2,61	3,19	19,74
	300	0	16,16	-	-
		2	14,61	1,55	9,59
		4	8,02	6,59	40,78
		6	4,46	3,56	22,03
		8	1,71	2,75	17,02
Spirulina platensis	100	0	16,16	-	-
		2	15,01	1,15	7,12
		4	9,52	5,49	33,97
		6	4,31	5,21	32,24
		8	1,73	2,58	15,96
	200	0	16,16	-	-
		2	14,73	1,43	8,85
		4	9,04	5,69	35,21
		6	4,81	4,23	26,18
		8	1,94	2,87	17,76
	300	0	16,16	-	-
		2	14,61	1,55	9,59
		4	8,82	5,79	35,83
		6	3,22	5,6	34,65
		8	1,36	1,86	11,51

Lampiran 5. Analisis Sidik Ragam

- **Penyerapan Gas Karbondioksida (CO_2) oleh Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis***

No	Mikroalga	Perlakuan	Ulangan					total	Rata-rata
			1	2	3	4	5		
1.	*Chlorella sp*	**100x10^4**	16,16	14,67	10,11	6,01	2,38	49,33	9,866
		200x10^4	16,16	13,33	10,17	5,8	2,61	48,07	9,614
		300x10^4	16,16	14,61	8,02	4,46	1,71	44,96	8,992
2.	*Spirulina platensis*	**100x10^4**	16,16	15,01	9,52	4,31	1,73	46,73	9,346
		200x10^4	16,16	14,73	9,04	4,81	1,94	46,68	9,336
		300x10^4	16,16	14,61	8,82	3,22	1,36	44,17	8,834
Total			96,96	86,96	55,68	28,61	11,73	279,94	

FK = $\frac{\sigma^2}{r\ x\ n} = \frac{279{,}94^2}{6\ x\ 5}$ = 2612,213

JK Total = $(16{,}16)^2 + (14{,}67)^2 + \ldots\ldots + (1{,}36)^2$ - FK = 902,5799

JK Ulangan = $\frac{(96{,}96)^2 + (86{,}96)^2 + \ldots\ldots + (11{,}73)^2}{6}$ – FK = 891,065

JK Perlakuan Kombinasi = $\frac{(49{,}33)^2 + (48{,}07)^2 + \ldots\ldots + (44{,}17)^2}{5}$ – FK = 3,642467

JK Galat = JK Total – JK Perlakuan Kombinasi – JK Ulangan

= 902,5799 – 3,642457 – 891,065 = 7,8725

Daftar Dwi Kasta antara Faktor Mikroalga dan Penyerapan Karbondioksida (CO_2)

No.	Perlakuan	Perbedaan Kelimpahan			Total	Rata-rata
		100x10^4	**200x10^4**	**300x10^4**		
1	***Chlorella sp***	49,33	48,07	44,96	142,36	47,45333
2	***Spirulina platensis***	46,73	46,68	44,17	137,58	45,86
Total		96,06	94,75	89,13	279,94	
Rata-rata		48,03	47,375	44,565		

JK Perbedaan Kelimpahan = $\frac{(96{,}06)^2 + (94{,}75)^2 + (89{,}13)^2}{5\ x\ 2}$ – FK = 2,710847

JK Mikroalga = $\frac{(142{,}36)^2 + (137{,}58)^2}{5\ x\ 3}$ – FK = 0,761613

JK MPk = JK Perlakuan Kombinasi – JK Mikroalga – JK Perbedaan Kelimpahan

= 0,170007

Tabel ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Ulangan	4	891,065	222,7663	565,9352		
Perlakuan Kombinasi	5	3,642467	0,728493	1,85073	2,71	4,1
Mikroalga	1	0,761613	0,761613	1,934869	4,36	8,1
Perbedaan Kelimpahan	2	2,710847	1,355424	3,443439	3,49	5,85
MPk	3	0,170007	0,056669	0,143967	3,1	4,94
Galat	20	7,8725	0,393625			
Total	29	902,5799				

* = berbeda nyata **=berbeda sangat nyata

Jenis mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*) dan perlakuan perbedaan kelimpahan ($100x10^4$ sel/ml, $200x10^4$ sel/ml dan $300x10^4$ sel/ml) dari masing-masing kedua jenis mikroalga tersebut memberikan pengaruh tidak nyata terhadap penyerapan gas karbondioksida (CO_2) dalam fotobioreaktor. Oleh karena itu, tidak dilakukan uji BNT sebagai uji lanjutan untuk mengetahui hubungan jenis mikroalga dan perlakuan perbedaan kelimpahan terhadap penyerapan gas karbondioksida (CO_2) dalam fotobioreaktor.

- **Kelimpahan Sel Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis***

No	Mikroalga	Perlakuan	Ulangan					total	Rata-rata
			1	2	3	4	5		
1.	*Chlorella sp*	**$100x10^4$**	119	156	493	397	146	1311	262,2
		$200x10^4$	209	279	695	506	198	1887	377,4
		$300x10^4$	332	479	795	564	244	2414	482,8
2.	*Spirulina platensis*	**$100x10^4$**	137	320	775	964	731	2927	585,4
		$200x10^4$	244	401	899	1039	778	3361	672,2
		$300x10^4$	327	442	885	1084	801	3539	707,8
Total			1368	2077	4542	4554	2898	15439	

FK = $\frac{\sigma^2}{r\ x\ n} = \frac{15439^2}{6\ x\ 5}$ = 7945424

JK Total = $(119)^2 + (156)^2 + \ldots\ldots + (801)^2$ - FK = 2565125

JK Ulangan = $\frac{(1368)^2 + (2077)^2 + \ldots\ldots + (2998)^2}{6}$ – FK = 1379982

JK Perlakuan Kombinasi = $\frac{(1311)^2 + (1887)^2 + \ldots\ldots + (3539)^2}{5}$ – FK =753587,4

JK Galat = JK Total – JK Perlakuan Kombinasi – JK Ulangan

= 2565125 – 753587,4 – 1379982 = 431555,5

Daftar Dwi Kasta antara Faktor Mikroalga dan Faktor Perbedaan Kelimpahan

No.	Perlakuan	Perbedaan Kelimpahan			Total	Rata-rata
		$100x10^4$	$200x10^4$	$300x10^4$		
1	*Chlorella sp*	1311	1887	2414	5612	1870,667
2	*Spirulina platensis*	2927	3361	3539	9827	3275,667
Total		4238	5248	5953	15429	
Rata-rata		2119	2624	2976,5		

JK Perbedaan Kelimpahan = $\frac{(4238)^2+(5248)^2+(5953)^2}{5\ x\ 2}$ – FK = 148611,7

JK Mikroalga = $\frac{(1870,667)^2+(3275,667)^2}{5\ x\ 3}$ – FK = 592207,5

JK MPk = JK Perlakuan Kombinasi – JK Mikroalga – JK Perbedaan Kelimpahan
= 12768,2

Tabel ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Ulangan	4	1379982	344995,5	15,98846		
Perlakuan Kombinasi	5	753587,4	150717,5	6,984848**	2,71	4,1
Mikroalga	1	592207,5	592207,5	27,44525**	4,36	8,1
Perbedaan Kelimpahan	2	148611,7	74305,85	3,443629	3,49	5,85
MPk	3	12768,2	4256,067	0,197243	3,1	4,94
Galat	20	431555,5	21577,78			
Total	29	2565125				

* = berbeda nyata **=berbeda sangat nyata

Interaksi MPk tersebut menunjukkan interaksi yang tidak nyata, maka kesimpulan dapat dicari dari faktor perbedaan kelimpahan (F hitung = 3,443629) dengan jenis mikroalga (F hitung = 27,44525). Perlakuan perbedaan kelimpahan dari masing-masing kedua jenis mikroalga tersebut memberikan pengaruh tidak nyata terhadap pertumbuhan mikroalga dalam fotobioreaktor, tetapi antara jenis mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*) menunjukkan perbedaan yang sangat nyata terhadap pertumbuhan mikroalga dalam fotobioreaktor. Oleh karena itu dilakukan uji BNT sebagai uji lanjutan untuk mengetahui hubungan jenis mikroalga dan perlakuan terbaik terhadap laju pertumbuhan mikroalga dalam fotobioreaktor.

Perhitungan BNT

$BNT_{0,05} = t_{a\ (db\ galat)} \times \sqrt{\frac{2\ x\ KT\ Galat}{ulangan}}$

$= t_{0,05\ (20)} \times \sqrt{\frac{2\ x\ 21577,78}{5}}$

$= 2,086 \times 6103,12$

$= 12731,11$

$BNT_{0,05} = t_{a\ (db\ galat)} \times \sqrt{\frac{2\ x\ KT\ Galat}{ulangan}}$

$= t_{0,05\ (20)} \times \sqrt{\frac{2\ x\ 21577,78}{5}}$

$= 2,845 \times 6103,12$

$= 17363,38$

Tabel Analisis BNT Jenis Mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*) terhadap Laju pertumbuhan Mikroalga

Rerata	1870,67	3275,67	Notasi
1870,67	-		a
3275,67	1405*	-	b

* = berbeda nyata ** = berbeda sangat nyata

Tabel Analisis BNT Perlakuan Perbedaan Kelimpahan Mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* ($100x10^4$ sel/ml, $200x10^4$ sel/ml dan $300x10^4$ sel/ml) terhadap Laju pertumbuhan Mikroalga

Rerata	2119	2624	2976,5	Notasi
2119	-			a
2624	505	-		b
2976,5	857,5	362,5	-	bc

* = berbeda nyata ** = berbeda sangat nyata

Penentuan Perlakuan Terbaik

No.	Perlakuan Mikroalga	Total	Rata-rata	Notasi
1	*Chlorella sp*	5612	5612 / (5x2) = 561,2	a
2	*Spirulina platensis*	9827	9827 / (5x2) = 982,7	b

Kesimpulan I: Mikroalga *Spirulina platensis* mempunyai laju pertumbuhan tinggi

No.	Perlakuan Perbedaan Kelimpahan	Total	Rata-rata	Notasi
1	$100x10^4$ sel/ml	4238	4238 / (5x3) = 282,53	a
2	$200x10^4$ sel/ml	5248	5248 / (5x3) = 349,87	b
3	$300x10^4$ sel/ml	5953	5953 / (5x3) = 396,87	c

Kesimpulan II: Kelimpahan paling baik pada $300x10^4$ sel/ml

Jadi, dari faktor jenis mikroalga dan perbedaan kelimpahan dapat disimpulkan bahwa perlakuan terbaik pada jenis mikroalga *Spirulina platensis* $300x10^4$ sel/ml.

Lampiran 6. Korelasi Penyerapan Gas CO_2 dan Kelimpahan Sel Mikroalga

Notes

Output Created		31-Jan-2015 21:24:33
Comments		
Input	Data	E:\RIFAN.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	72
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on cases with no missing data for any variable in the analysis.
Syntax		ONEWAY Hasil_Korelasi BY Interaksi /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=DUNCAN ALPHA(0.05).
Resources	Processor Time	00:00:00.078
	Elapsed Time	00:00:00.035

ANOVA

Hasil_Korelasi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	341.820	11	31.075	1.382	.212
Within Groups	1079.646	48	22.493		
Total	1421.465	59			

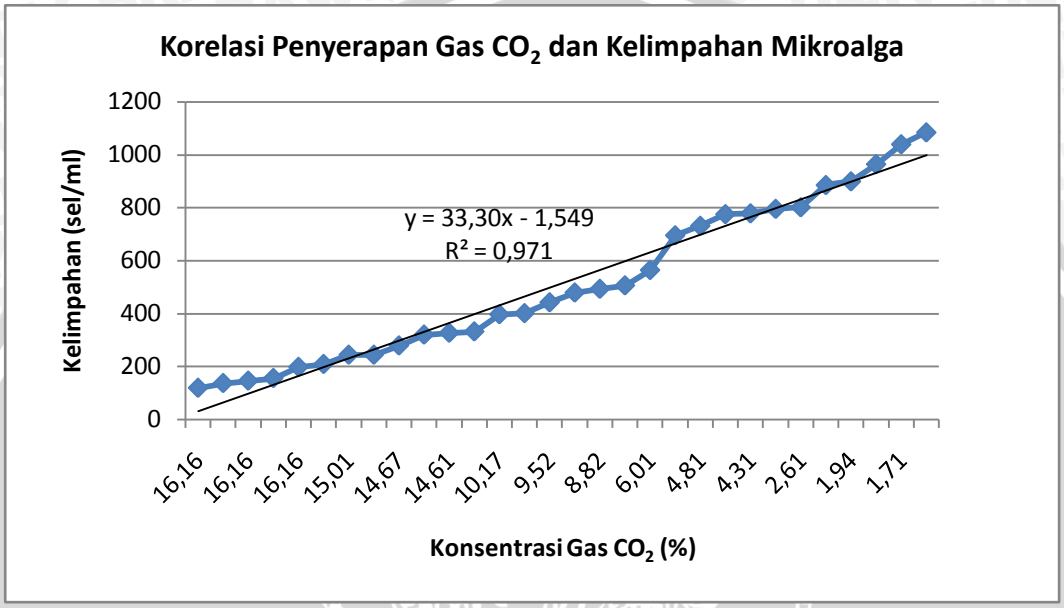
Hasil_Korelasi

Duncan

Interaksi	N	Subset for alpha = 0.05		Notasi
		1	2	
Kelimpahan - C1	5	2.6220		a
Kelimpahan - C2	5	3.7740	3.7740	ab
Kelimpahan - C3	5	4.8280	4.8280	ab
Kelimpahan - S1	5	5.8540	5.8540	ab
Kelimpahan - S2	5	6.7020	6.7020	ab
Kelimpahan - S3	5	7.0780	7.0780	ab
CO2 - S3	5	8.8340	8.8340	ab
CO2 - C3	5	8.9920	8.9920	ab
CO2 - S2	5	9.3360	9.3360	ab
CO2 - S1	5	9.3460	9.3460	ab
CO2 - C2	5	9.6140	9.6140	ab
CO2 - C1	5		9.8660	b
Sig.		.55	.94	

CATATAN:
CARA PEMBACAAN ANOVA =

- LIHAT SIG. (P)
- PEMBACAAN P KEBALIKAN DARI F
- P>0.05 (TIDAK BERBEDA NYATA / TIDAK MEMBERIKAN PENGARUH YANG NYATA)



Persamaan kurva regresi antara penyerapan gas karbondioksida (CO_2) dan kelimpahan mikroalga diperoleh Y = 33,30x – 1,549 dengan nilai R^2 = 0,971. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi negatif antara penyerapan gas karbondioksida (CO_2) dengan kelimpahan mikroalga yang ditunjukkan dengan nilai negatif dari hasil regresi. Dimana terjadi penyerapan gas karbondioksida oleh mikroalga dan juga terjadi pertambahan kelimpahan sel mikroalga. Gas karbondioksida (CO_2) digunakan mikroalga sebagai unsur utama proses fotosintesis dan juga pembentukan sel-sel tubuhnya.

Lampiran 7. Perhitungan Efektivitas Penyerapan Karbondioksida (CO_2)

1. Chlorella sp

- Kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml

= (9,220297% + 28,21782% + 25,37129% + 22,46287) / 4 = 21,31807% untuk rata-rata pengukuran selama dua hari atau sebesar 10,65903% perhari.

- Kelimpahan 200 x 10^4 sel/ml

= (17,51238% + 19,55446% + 27,04208% + 19,7401) / 4 = 20,96225% untuk rata-rata pengukuran selama dua hari atau sebesar 10,48113% perhari.

- Kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml

= (9,591584% + 40,7797% + 22,0297% + 17,01733) / 4 = 22,35458% untuk rata-rata pengukuran selama dua hari atau sebesar 11,17729% perhari.

2. Spirulina platensis

- Kelimpahan 100 x 10^4 sel/ml

= (7,116337% + 33,97277% + 32,2401% +15,96535) / 4 = 22,32364% untuk rata-rata pengukuran selama dua hari atau sebesar 11,16182% perhari.

- Kelimpahan 200 x 10^4 sel/ml

= (8,84901% + 35,2104% + 26,17574% + 17,7599) / 4 = 21,99876% untuk rata-rata pengukuran selama dua hari atau sebesar 10,99938 % perhari.

- Kelimpahan 300 x 10^4 sel/ml

= (9,591584% + 35,82921% + 34,65347% +11,5099) / 4 = 22,89604% untuk rata-rata pengukuran selama dua hari atau sebesar 11,44802% perhari.

Lampiran 8. Data Hasil Pengamatan Kualitas Air

1. Pengukuran Suhu (^oC)

No	Jenis Mikroalga	Perlakuan	Hari ke-					Total	Rata-rata
			0	2	4	6	8		
1.	*Chlorella sp*	$100x10^4$	29	29,3	29	29,3	28,7	145,3	29,06
		$200x10^4$	29	29	28,7	29	28,7	144,4	28,88
		$300x10^4$	28,7	29,3	29,3	29	29,7	146	29,2
2.	*Spirulina platensis*	$100x10^4$	28,7	29,7	29,8	29,7	29,7	147,6	29,52
		$200x10^4$	28,7	29	29,3	29,3	29,3	145,6	29,12
		$300x10^4$	29	30,2	30	29,7	30,3	149,2	29,84
Total			173,1	176,5	176,1	176	176,4	878,1	

2. Pengukuran pH

No	Jenis Mikroalga	Perlakuan	Hari ke-					Hari ke-	Hari ke-
			0	2	4	6	8		
1.	*Chlorella sp*	$100x10^4$	8	7,7	8	8	8,3	40	8
		$200x10^4$	7,7	8	8,7	8	8	40,4	8,08
		$300x10^4$	8,3	8	9	8,7	8	42	8,4
2.	*Spirulina platensis*	$100x10^4$	7,7	8,3	8,3	8	8,3	40,6	8,12
		$200x10^4$	8,7	8,3	8,7	8,3	8,3	42,3	8,46
		$300x10^4$	7,7	8,7	8,3	8,7	9	42,4	8,48
Total			48,1	49	51	49,7	49,9	247,7	

3. Pengukuran Salinitas (ppt)

No	Jenis Mikroalga	Perlakuan	Hari ke-					Total	Rata-rata
			0	2	4	6	8		
1.	*Chlorella sp*	$100x10^4$	37,3	35	35	36,3	39,7	183,3	36,66
		$200x10^4$	35,7	35	35	35,7	37,7	179,1	35,82
		$300x10^4$	36	35	35	35,7	38,3	180	36
2.	*Spirulina platensis*	$100x10^4$	35,3	35	35	35	40	180,3	36,06
		$200x10^4$	37	35	35	35	39,7	181,7	36,34
		$300x10^4$	35	35	35	35,7	38,7	179,4	35,88
Total			216,3	210	210	213,4	234,1	1083,8	

4. Pengukuran CO_2 Terlarut (mg/L)

No	Jenis Mikroalga	Perlakuan	Hari ke-					Total	Rata-rata
			0	2	4	6	8		
1.	*Chlorella sp*	$100x10^4$	11,48	9,5	7,8	6,79	5,57	41,14	8,228
		$200x10^4$	12,72	8,89	6,43	5,65	4,72	38,41	7,682
		$300x10^4$	14,63	9,51	6,17	5,37	4,68	40,36	8,072
2.	*Spirulina platensis*	$100x10^4$	10,1	8,68	6,71	5,68	4,76	35,93	7,186
		$200x10^4$	11,61	7,77	5,93	4,67	3,54	33,52	6,704
		$300x10^4$	13,98	8,63	6,69	5,13	3,51	37,94	7,588
Total			74,52	52,98	39,73	33,29	26,78	227,3	

5. Pengukuran O_2 Terlarut (mg/L)

No	Jenis Mikroalga	Perlakuan	Hari ke-					Total	Rata-rata
			0	2	4	6	8		
1.	*Chlorella sp*	$100x10^4$	8,94	9,06	8,66	9,33	8,31	44,3	8,86
		$200x10^4$	8,49	8,79	8,78	9,05	9,13	44,24	8,848
		$300x10^4$	8,32	9,22	8,48	9,41	8,75	44,18	8,836
2.	*Spirulina platensis*	$100x10^4$	8,73	8,93	8,88	8,83	9,39	44,76	8,952
		$200x10^4$	9,02	9,34	9,2	9,81	8,95	46,32	9,264
		$300x10^4$	8,92	9,29	9,24	9,56	8,87	45,88	9,176
Total			52,42	54,63	53,24	55,99	53,4	269,68	

6. Kadar Nitrat

No	Jenis Mikroalga	Perlakuan	Hari ke-		Total	Rata-rata
			0	8		
1.	*Chlorella sp*	$100x10^4$	0,639	0,536	1,175	0,5875
		$200x10^4$	2,021	0,487	2,508	1,254
		$300x10^4$	0,664	0,12	0,784	0,392
2.	*Spirulina platensis*	$100x10^4$	0,264	0,091	0,355	0,1775
		$200x10^4$	0,231	0,367	0,598	0,299
		$300x10^4$	3,395	0,132	3,527	1,7635
Total			7,214	1,733	8,947	

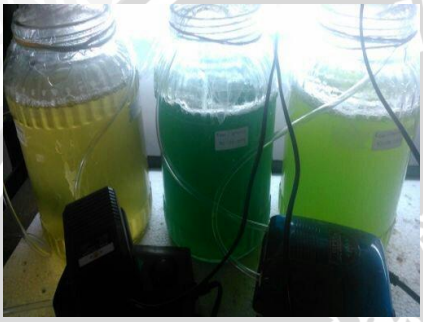
7. Kadar Phospat

No	Jenis Mikroalga	Perlakuan	Hari ke-		Total	Rata-rata
			0	8		
1.	*Chlorella sp*	$100x10^4$	0,174	0,061	0,235	0,1175
		$200x10^4$	0,37	0,542	0,912	0,456
		$300x10^4$	0,369	0,3	0,669	0,3345
2.	*Spirulina platensis*	$100x10^4$	0,22	0,822	1,042	0,521
		$200x10^4$	0,411	0,259	0,67	0,335
		$300x10^4$	0,348	0,886	1,234	0,617
Total			1,892	2,87	4,762	

Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian

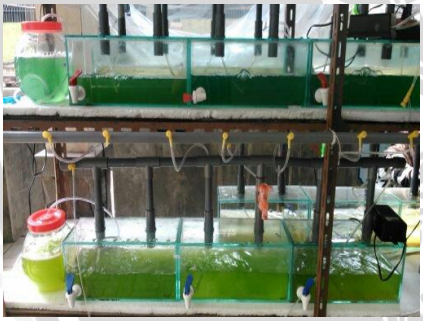
(a)

(b)

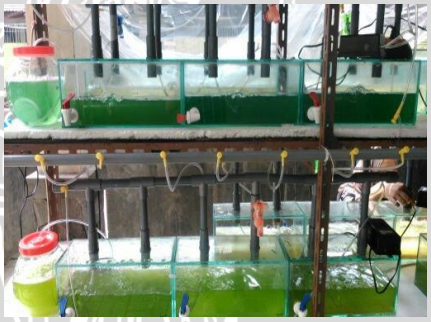


(c)

(d)

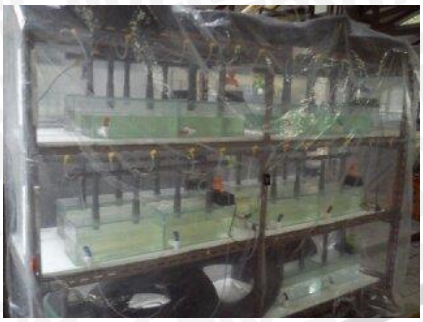


(e)



(f)

Keterangan gambar:
(a), (b), dan **(c)** Kultur mikroalga (*Chlorella sp* dan *Spirulina platensis*) dalam skala kecil
(d) Pengambilan biogas sebagai sumber karbondioksida (CO_2) dari saluran pipa dan dimasukka dalam ban-ban penampung
(e) dan **(f)** Rangkaian penelitian pada sistem fotobioreaktor yang telah diisi mikroalga *Chlorella sp* dan *Spirulina platensis* dengan perbedaan kelimpahan



(g)

(h)

(i)

(j)

(k)

Keterangan gambar:
(g) dan **(h)** Rangkaian Fotobioreaktor
(i) Pemberian reagen dalam uji nitrat
(j) dan **(k)** uji nitrat dan fosfat