PENGARUH PEMBERIAN PUPUK CAIR TERHADAP PERTUMBUHAN *Spirulina* sp.

SKRIPSI
PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Oleh :
IFAAF MAZIYYAH
NIM. 115080513111003

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

PENGARUH PEMBERIAN PUPUK CAIR TERHADAP PERTUMBUHAN *Spirulina* sp.

SKRIPSI
PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya

Oleh :
IFAAF MAZIYYAH
NIM. 115080513111003

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

PENGARUH PEMBERIAN PUPUK CAIR TERHADAP PERTUMBUHAN *Spirulina* sp.

Oleh:
IFAAF MAZIYYAH
NIM. 115080513111003

Telah dipertahankan di depan penguji
Pada tanggal 09 Juli 2015
Dan dinyatakan memenuhi syarat

Dosen Penguji I	**Menyetujui,** **Dosen Pembimbing I**
Prof. Dr. Ir. Sri Andayani, MS **NIP. 19611106 198602 2 001** **Tanggal :**	**Dr. Ir. Arning W. Ekawati, MS** **NIP. 19620805 198603 2 001** **Tanggal :**
Dosen Penguji II	**Dosen Pembimbing II**
Dr. Ating Yuniarti, SPi. M. Aqua **NIP. 19750604 199903 2 002** **Tanggal :**	**Ir. Ellana Sanoesi, MP** **NIP. 19630924 199803 2 002** **Tanggal :**

Mengetahui,
Ketua Jurusan MSP

Dr. Ir. Arning Wiluteng Ekawati, MS
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal :

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini 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, 09 Juli 2015

Mahasiswa

Ifaaf Maziyyah

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada :

1. Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, ilmu serta membantu hingga terselesainya Skripsi ini.
2. Ir. Ellana Sanoesi, MP. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, ilmu serta membantu hingga terselesaikannya Skripsi ini.
3. Ibunda tercinta, atas do'a dan nasehatnya serta keluarga yang memberikan motivasi bagi penulis.
4. Keluarga Belanda. Maulif, Tiwi, Jeje, zaza dan Bapak Khoirul.
5. Tim Planktoners : Ayu dan Lini yang telah membantu, menemani penulis dan rela untuk direpotkan selama proses penelitian.
6. Pak Udin dan Pak Yit, atas bantuan dan dukungan selama penelitian berlangsung.
7. Aquatik Spartans. Terimakasih atas semua bantuannya.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Malang, 09 Juli 2015

Penulis

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

RINGKASAN

IFAAF MAZIYYAH. Pengaruh Pemberian Pupuk Cair terhadap Pertumbuhan *Spirulina* sp. di bawah bimbingan **Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS dan Ir. Ellana Sanoesi, MP.**

Fitoplankton merupakan tumbuhan air berukuran mikroskopis yang ketersediaannya sangat dibutuhkan sebagai pakan alami terutama pada kegiatan pembenihan. Ketersediaan fitoplankton sebagai pakan alami merupakan salah satu faktor penting dalam pemenuhan gizi terutama pada stadia larva ikan dan udang. Salah satu jenis fitoplankton yang dimanfaatkan sebagai pakan alami yaitu *Spirulina* sp.. *Spirulina* sp. merupakan alga berukuran mikroskopis dari genus Cyanophyta (alga hijau-biru). Kandungan makro dan mikro nutrien pada *Spirulina* sangat tinggi sehingga selain digunakan sebagai makanan alami untuk larva ikan dan udang *Spirulina* juga dimanfaatkan sebagai suplemen serta makanan bagi manusia, industri, farmasi serta bahan pembuatan kosmetik. Dalam kultur *Spirulina* sp. dibutuhkan unsur hara (pupuk) sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhannya. Selama ini pupuk yang digunakan dalam kultur pakan alami adalah pupuk teknis seperti pupuk walne. Mahalnya harga pupuk walne menjadi dasar pencarian sumber alternatif pupuk untuk kultur *Spirulina* sp. sehingga mampu mencukupi kebutuhan nutrien pada media kultur dengan harga yang ekonomis.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk cair “PEMIMPIN SPOK” terhadap pertumbuhan dan biomassa *Spirulina* sp. serta untuk mengetahui dosis pemberian pupuk cair “PEMIMPIN SPOK” yang optimal terhadap pertumbuhan dan biomassa *Spirulina* sp.. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan yaitu perlakuan A dengan dosis 2 ml/L, perlakuan B dengan dosis 2,5 ml/L, perlakuan C dengan dosis 3 ml/L dan perlakuan D dengan dosis 3,5 ml/L. Parameter utama yang diamati dalam penelitian meliputi pertumbuhan *Spirulina* sp., Laju pertumbuhan spesifik *Spirulina* sp. dan Biomassa *Spirulina* sp.. Parameter penunjang meliputi suhu, pH, DO, nitrat dan fosfat.

Pemberian pupuk cair dengan dosis yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda terhadap laju pertumbuhan dan biomassa *Spirulina* sp.. Dosis pupuk yang optimal yaitu 2,43 ml/L dengan laju pertumbuhan dan biomassa masing-masing sebesar 0,99 dan 3,19 gr/L. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan disarankan untuk budidaya *Spirulina* sp. menggunakan pupuk cair “PEMIMPIN SPOK” dengan dosis 2,43 mg/L.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala ni'mat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul "Pengaruh Pemberian Pupuk Cair terhadap Pertumbuhan *Spirulina* sp." Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan (S-1) di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun untuk menciptakan karya yang lebih baik lagi. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan informasi bagi pembaca.

Malang, 09 Juli 2015

Penulis

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR ISI

		Halaman
RINGKASAN		**vi**
KATA PENGANTAR		**vii**
DAFTAR ISI		**viii**
DAFTAR GAMBAR		**x**
DAFTAR TABEL		**xi**
DAFTAR LAMPIRAN		**xii**
1.	**PENDAHULUAN**	**1**
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	2
1.3	Tujuan Penelitian	3
1.4	Kegunaan	3
1.5	Hipotesis	4
1.6	Tempat dan Waktu	4
2.	**TINJAUAN PUSTAKA**	**5**
2.1	Biologi *Spirulina* sp.	5
2.1.1	Klasifikasi dan Morfologi	5
2.1.2	Habitat dan Penyebaran	6
2.1.3	Reproduksi	6
2.2	Fase Pertumbuhan Mikroalga	7
2.2.1	Fase Lag	8
2.2.2	Fase Eksponensial (Logaritmik)	8
2.2.3	Fase Penurunan Laju Pertumbuhan	9
2.2.4	Fase Stasioner	9
2.2.5	Fase Kematian	9
2.3	Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan *Spirulina* sp.	10
2.3.1	Suhu	10
2.3.2	Salinitas	10
2.3.3	Derajat Keasaman (pH)	10
2.3.4	Cahaya	11
2.3.5	Nutrien	11
2.4	Biomassa Plankton	13
2.5	Pupuk	13
3.	**METODE PENELITIAN**	**15**
3.1	Materi Penelitian	15
3.1.1	Alat-alat Penelitian	15
3.1.2	Bahan Penelitian	15
3.2	Metode Penelitian	16
3.3	Rancangan Penelitian	16
3.4	Prosedur Penelitian	18

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

3.4.1 Persiapan Penelitian 18
3.4.2 Pelaksanaan Penelitian Mengenai Pemberian Pupuk Cair terhadap Pertumbuhan *Spirulina* sp. 19
3.5 Parameter Penelitian 20
3.5.1 Parameter Utama 20
3.5.2 Parameter Penunjang 22
3.6 Analisis Data 24

4. HASIL DAN PEMBAHASAN 25
4.1 Pertumbuhan *Spirulina* sp. 25
4.2 Laju Pertumbuhan Spesifik *Spirulina* sp. 27
4.3 Biomass *Spirulina* sp. 31
4.4 Parameter Kualitas Media Kultur *Spirulina* sp. 33
4.4.1 Suhu 33
4.4.2 Derajat Keasaman (pH) 33
4.4.3 Oksigen Terlarut (DO) 34
4.4.5 Nitrat 35
4.4.6 Fosfat 35

5. KESIMPULAN DAN SARAN 37
5.1 Kesimpulan 37
5.2 Saran 37

DAFTAR PUSTAKA 38

LAMPIRAN 41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. *Spirulina* sp.	5
2. Siklus Reproduksi *Spirulina* sp.	7
3. Pola Pertumbuhan Fitplankton	7
4. Denah Percobaan	17
5. Grafik Rata - Rata Pertumbuhan Harian *Spirulina* sp. (sel/ml) pada Masing-Masing Perlakuan selama Penelitian	25
6. Pengamatan Morfologi *Spirulina* sp. Perbesaran 40x	27
7. Grafik Hubungan Pemberian Dosis Pupuk Cair terhadap Laju Pertumbuhan Spesifik *Spirulina* sp.	29
8. Grafik Hubungan Pemberian Dosis Pupuk terhadap Biomasa *Spirulina* sp. (gr/L)	32

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rata-rata Laju Pertumbuhan Spesifik *Spirulina* sp	28
2. Sidik Ragam Laju Pertumbuhan Spesifik *Spirulina* sp. (sel/hari)	28
3. Hasil Uji BNT Laju Pertumbuhan *Spirulina* sp	29
4. Rata-rata Biomassa *Spirulina* sp.....	31
5. Sidik Ragam Biomassa *Spirulina* sp.....	31
6. Hasi Uji BNT Biomassa *Spirulina* sp	31

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Gambar Alat dan Bahan Penelitian	40
2. Data Pertumbuhan *Spirulina* sp. (x 10^4) (sel/ml) dalam Perlakuan yang Berbeda selama Penelitian.....	42
3. Data Laju Pertumbuhan Spesifik *Spirulina* sp.	43
4. Hasil Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov (P<0,01) pada Laju Pertumbuhan *Spirulina* sp. (x 10^4) (sel/ml)	44
5. Sidik Ragam Laju Pertumbuhan Spesifik *Spirulina* sp.	45
6. Data Biomassa Kering *Spirulina* sp. (gr/L).....	50
7. Hasil Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov (P<0,01) pada Laju Pertumbuhan *Spirulina* sp. (x 10^4) (gr/L)	52
8. Sidik Ragam Biomassa *Spirulina* sp.....	53
9. Data Pengukuran Suhu pada Media Pertumbuhan *Spirulina* sp. selama Penelitian.	58
10. Data Pengukuran pH pada Media Pertumbuhan *Spirulina* sp. selama Penelitian.	60
11. Data Pengukuran DO pada Media Pertumbuhan *Spirulina* sp. selama Penelitian.	62
12. Data Pengukuran Kandungan Nitrat pada Media Pertumbuhan *Spirulina* sp. selama Penelitian	64
13. Data Pengukuran Kandungan Fosfat pada Media Pertumbuhan *Spirulina* sp. selama Penelitian.	65

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan budidaya pakan alami saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Pakan alami merupakan makanan hidup (organisme hidup) bagi larva atau benih ikan dan udang baik berupa fitoplankton atau zooplankton. Fitoplankton merupakan dasar dari rantai makanan di perairan. Oleh sebab itu fitoplankton sangat diperlukan dalam pemeliharaan berbagai spesies baik ikan atau udang sebagai sumber makanan untuk tahap pertumbuhan.

Menurut Resmawati, *et al.* (2012), fitoplankton merupakan tumbuhan air berukuran mikroskopis yang ketersediaannya sangat dibutuhkan sebagai pakan alami terutama pada kegiatan pembenihan. Ketersediaan fitoplankton sebagai pakan alami merupakan salah satu faktor penting dalam pemenuhan gizi terutama pada stadia larva ikan dan udang. Salah satu jenis fitoplankton yang dimanfaatkan sebagai pakan alami yaitu *Spirulina* sp..

Sotiroudis dan Georgios (2012) menyatakan bahwa *Spirulina* atau juga dikenal dengan *Arthrospira* merupakan alga berukuran mikroskopis dari genus Cyanophyta (alga hijau-biru). Kandungan makro dan mikro nutrien pada *Spirulina* sangat tinggi sehingga selain digunakan sebagai makanan alami untuk larva ikan dan udang *Spirulina* juga dimanfaatkan sebagai suplemen serta makanan bagi manusia, industri, farmasi serta bahan pembuatan kosmetik. Kandungan protein pada *Spirulina* sp. berkisar antara 50-70%, karbohidrat 15-25%, lemak 6-13%, kalsium 0,13-1,4%, karotenoid 0,37-0,59% dan vitamin. Dengan kandungan protein yang tinggi ini maka *Spirulina* mempunyai sumber protein yang potensial bagi makhluk hidup baik manusia maupun hewan dan sebagai pakan alami larva udang atau ikan yang dapat mengurangi kematian larva tersebut.

Dalam pertumbuhannya *Spirulina* sp. membutuhkan nutrien, baik mikro nutrien maupun makro nutrien pada lingkungan budidaya. Menurut Kabinawa (2006), nutrien merupakan unsur atau senyawa kimia yang digunakan fitoplankton untuk pertumbuhan dan perbanyakan sel. Makro nutrien tersebut terdiri dari nitrogen (N), fosfor (P) dan kalsium (K). Mikronutrien yang dibutuhkan fitoplankton antara lain Fe, Mo, Cu, Ca, Mn, Zn dan Co (Andersen, 2004).

Pemenuhan kebutuhan nutrien pada *Spirulina* sp. sangat bergantung pada penyediaan unsur hara (pupuk) dalam media kultur. Selama ini pupuk yang digunakan dalam kultur pakan alami adalah pupuk teknis seperti pupuk Walne. Mahalnya harga pupuk teknis menjadi dasar pencarian sumber alternatif pupuk untuk kultur *Spirulina* sp. yang mampu mencukupi kebutuhan nutrien pada media kultur serta menghasilkan kepadatan sel yang tinggi dengan harga yang ekonomis. Salah satu pupuk alternatif yang dapat digunakan adalah pupuk cair "PEMIMPIN SPOK".

Pupuk "PEMIMPIN SPOK" (Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Ikan sebagai Pupuk Organik dalam Kegiatan Agrokompleks) merupakan pupuk organik cair dari pemanfaatan limbah industri pengolahan ikan. Pupuk cair PEMIMPIN S.P.O.K memiliki kandungan C organik 2,83%, N total 0,41%, C/N 7, Bahan organik 4,89%, Fosfor 0,21% dan Kalium 0,28%.

Kandungan nutrien pada pupuk cair PEMIMPIN SPOK diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai pengganti pupuk teknis serta dapat memenuhi kebutuhan nutrien untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. sehingga perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh pemberian pupuk cair terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp..

1.2 Rumusan Masalah

Salah satu jenis pakan alami yang memiliki kandungan nutrisi tinggi adalah *Spirulina* sp.. Selain sebagai pakan alami bagi larva ikan dan udang *Spirulina* sp.

dimanfaatkan sebagai suplemen makanan bagi manusia, sehingga permintaan *spirulina* sp. meningkat. Dalam kultur *Spirulina* sp. dibutuhkan unsur hara (pupuk) sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhannya. Selama ini pupuk yang digunakan dalam kultur pakan alami adalah pupuk teknis seperti pupuk walne. Mahalnya harga pupuk walne menjadi dasar pencarian sumber alternatif pupuk untuk kultur *Spirulina* sp. sehingga mampu mencukupi kebutuhan nutrien pada media kultur dengan harga yang ekonomis. Pupuk cair "PEMIMPIN SPOK" memiliki kandungan unsur hara yang memadai sehingga produk pupuk cair organik tersebut dapat digunakan sebagai kultur *Spirulina* sp.. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Bagaimana pengaruh pemberian pupuk cair terhadap pertumbuhan dan biomassa *Spirulina* sp..
b. Berapa dosis pemberian pupuk cair yang optimal terhadap pertumbuhan dan biomassa *Spirulina* sp..

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk cair terhadap pertumbuhan dan biomassa *Spirulina* sp..
b. Untuk mengetahui dosis pemberian pupuk cair yang optimal terhadap pertumbuhan dan biomassa *Spirulina* sp..

1.4 Kegunaan

Kegunaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Sebagai informasi tentang pengaruh pemberian pupuk cair terhadap pertumbuhan dan biomassa *Spirulina* sp..
b. Sebagai informasi tentang penggunaan dosis pupuk cair yang optimal terhadap pertumbuhan dan biomassa *Spirulina* sp..

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

1.5 Hipotesis

H_0 : Diduga pemberian pupuk cair dengan dosis yang berbeda tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan dan biomassa *Spirulina* sp..

H_1 : Diduga pemberian pupuk cair dengan dosis yang berbeda berpengaruh terhadap pertumbuhan dan biomassa *Spirulina* sp..

1.6 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Reproduksi Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang pada tanggal 04 - 16 Maret 2015.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

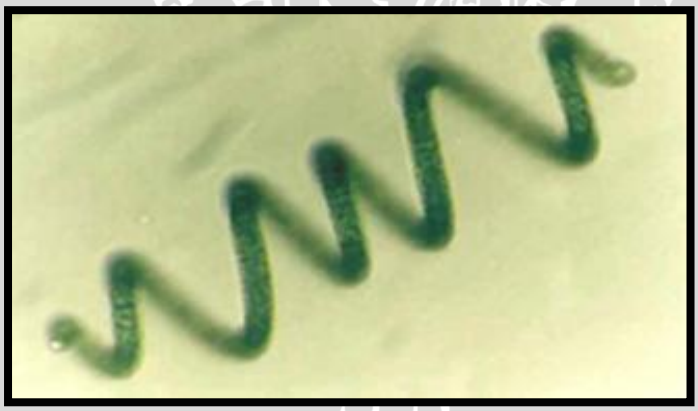
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi *Spirulina* sp.

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Berdasarkan taksonomi Menurut Vonshak (1997), klasifikasi *Spirulina* sp. sebagai berikut :

Divisi	: Cyanophyta
Kelas	: Cyanophyceae
Ordo	: Nostocales
Sub ordo	: Nostoceae
Family	: Oscillatoriaceae
Genus	: Spirulina
Spesies	: *Spirulina* sp. (Gambar 1).



Gambar 1. *Spirulina* sp. (Google image, 2015).

Menurut Sotiroudis dan Georgios (2013), *Spirulina* atau juga dikenal dengan *Arthrospira* merupakan mikroalga berukuran mikroskopis yang mampu berfotosintesis serta merupakan Cyanobacter (alga hijau-biru) berfilamen yang dimanfaatkan sebagai makanan. *Spirulina* memiliki bentuk spiral atau filamen heliks. Filamen-filamen tersebut memiliki panjang 100 - 200 µm dan diameter sekitar 6 - 12 µm.

Menurut Vonshak (1997), *Spirulina* sp. tampak seperti benang tipis (filamen), disusun oleh trikoma yang terdapat disepanjang tubuhnya. Trikoma tersebut dibungkus oleh selubung tipis pada dinding selnya dan mempunyai bagian apikal. Sel apikal bisa berbentuk bulat, runcing atau seperti kepala. Panjang trikom antara 6 sampai 12 µm.

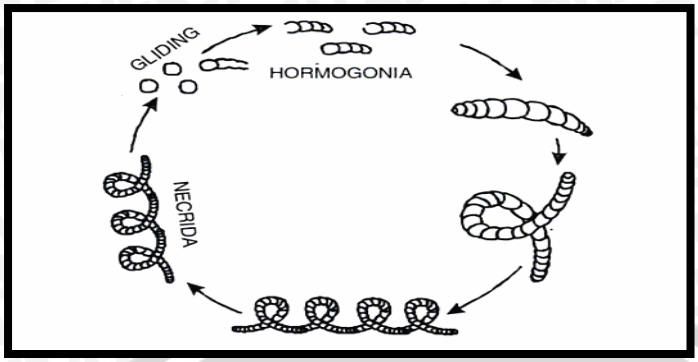
2.1.2 Habitat dan Penyebaran

Spirulina sp. merupakan alga mesofilik (Kabinawa,2006). Secara alami *Spirulina* sp. tumbuh di danau dengan salinitas tinggi (> 30 g/l) serta pH 8.5 - 11. Produksi *Spirulina* sp. secara dapat dilakukan di tempat terbuka atau di laboratorium dengan kondisi terkontrol. Kultur mikroalga ini dipengaruhi oleh cahaya untuk proses fotosintesis, nutrien, kandungan CO_2 pada media kultur dan suhu optimum antara 35 - 38 ^{0}C. (Sotiroudis dan Georgios, 2012; Hasan, 2008).

Spirulina merupakan alga yang bersifat fotoautotrof. *Spirulina* tidak dapat tumbuh dalam keadaan gelap pada media yang mengandung senyawa karbon. *Spirulina* mereduksi karbon dioksida dengan adanya cahaya dan merombak nitrat. Produk asimilasi dari fotosintesis *Spirulina* adalah glikogen (Hasan, 2008).

2.1.3 Reproduksi

Spirulina berkembang biak dengan cara pembelahan biner (Hasan, 2008). Menurut Kabinawa (2006), reproduksi sel *Spirulina* dilakukan secara aseksual dengan jalan membentuk hormogonium. Pembentukan hormogonium melewati beberapa tahapan yaitu sel yang terdapat di tengah trikoma mengalami perubahan menjadi bentuk bikonkaf, seterusnya sel memisahkan diri menjadi sel yang lebih pendek (nekredia) (Gambar 2). Nekredia selanjutnya mengalami pembelahan menjadi potongan kecil-kecil sebanyak 2 – 4 sel. Hasil dari proses pembelahan ini disebut gliding. Gliding kemudian berkembang menjadi hormogenium dan selanjutnya berubah menjadi trikoma baru sebelum berkembang menjadi spiral.

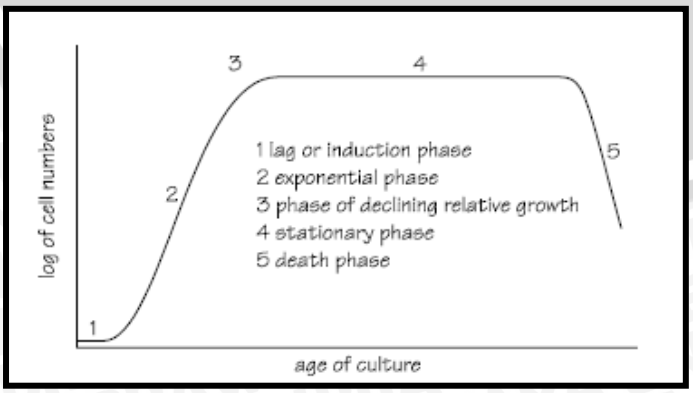


Gambar 2. Siklus Reproduksi *Spirulina* sp. (Kabinawa, 2006).

2.2 Fase Pertumbuhan Mikroalga

Menurut Suminto (2009), pertumbuhan populasi plankton secara visual dapat diketahui dari perubahan warna pada media kultur. Perubahan tersebut diketahui dari jumlah populasi berdasarkan pola pertumbuhan *Spirulina* sp.. Salah satu indikator yang dapat digunakan untuk melihat pertumbuhan dan kualitas kultur *Spirulina* sp. adalah panjang trikom. Trikoma yang diamati adalah trikoma yang berbentuk heliks karena bentuk trikoma (seperti tabung) *Spirulina* sp. sangat bervariasi jika mengalami perubahan lingkungan (Suantika dan Deri, 2009).

Pertumbuhan *Spirulina* megikuti pola pertumbuhan normal (Gambar 3), yaitu melalui fase lag, fase eksponensial (Logaritmik), fase penurunan laju pertumbuhan, fase stasioner dan fase kematian (Utomo, *et al*.,2005).



Gambar 3. Pola Pertumbuhan Fitoplankton (Coutteau, 1996)

Keterangan :

1. Fase Lag
2. Fase Logaritmik (eksponensial)
3. Fase Penurunan Laju Pertumbuhan
4. Fase Stasioner
5. Fase Kematian

2.2.1 Fase Lag

Nurani, *et al.* (2012) menyatakan bahwa fase lag (fase adaptasi) merupakan fase penyesuaian diri mikroalga terhadap lingkungannya. Fase ini terjadi pada hari ke-0 (yaitu saat penebaran inokulum) sampai hari pertama. Pada fase ini terjadi pertumbuhan yang lambat karena alokasi energi dipusatkan untuk peyesuaian diri terhadap media kultur dan untuk pemeliharaan sehingga hanya sebagian kecil bahkan tidak ada energi yang digunakan untuk pertumbuhan alga (Utomo, *et al*., 2005).

2.2.2 Fase Eksponensial (Logaritmik)

Menurut (Coutteau, 1996), Fase eksponensial (logaritmik) merupakan fase setelah fase Lag. Kepadatan sel meningkat pada waktu ke-t sesuai dengan fungsi logaritmik dimana (μ) merupakan laju pertumbuhan spesifik alga yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya dan suhu yang menggambarkan persamaan :

$$C_t = C_0.e^{\mu t}$$

C_t = Kepadatan sel pada waktu ke-t

C_0 = Kepadatan sel pada waktu ke-0

e = Konstanta Logaritma

μ = Laju pertumbuhan relatif alga

t = Waktu

Fase eksponensial yaitu fase dimana jumlah kepadatan populasi meningkat. Fase eksponensial ditandai dengan meningkatnya pembelahan sel sehingga populasi *Spirulina* sp. akan mengalami puncak pertumbuhan. Pada fase ini ketersediaan unsur nitrogen dalam medium besar sehingga metabolisme sel cepat yang menyebabkan terjadinya puncak pertumbuhan (Nurani, *et al.,* 2012).

2.2.3 Fase Penurunan Laju Pertumbuhan

Pada fase ini plankton mulai mengalami penurunan pertumbuhan yang ditandai dengan menurunnya jumlah sel. Hal ini disebabkan karena jumlah nutrien dalam medium sudah semakin berkurang akibat adanya proses metabolisme sel oleh alga (Utomo, *et al*., 2005).

2.2.4 Fase Stasioner

Fase stasioner merupakan tahapan ke-3 setelah fase penurunan laju pertumbuhan. Pada fase ini faktor pembatas dan laju pertumbuhan seimbang, sehingga kepadatan sel relatif konstan (Coutteau, 1996). Pada fase ini laju reproduksi sama dengan laju kematian. Dengan demikian penambahan dan pengurangan jumlah fitoplankton relatife sama atau seimbang sehingga kepadatan fitoplankton tetap (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

2.2.5 Fase Kematian

Fase dimana terjadi penurunan jumlah atau kepadatan plankton. pada fase ini laju kematian lebih cepat dibandingkan laju pertumbuhan. Fase kematian dapat disebabkan oleh penurunan kualitas air, kandungan oksigen rendah, perubahan pH, peningkatan suhu, berkurangnya nutrien di dalam media, serta adanya kontaminasi (Coutteau, 1996).

2.3 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan *Spirulina* sp.

2.3.1 Suhu

Suhu sangat berpengaruh bagi pertumbuhan fitoplankton. Semakin tinggi suhu maka proses metabolisme semakin cepat. Tetapi pada suhu yang melewati batas maksimal akan mengakibatkan kerusakan enzim sehingga proses metabolisme sel terhenti (Sari, *et al*., 2012). Menurut Kabinawa (2006), *Spirulina* sp. merupakan tipe alga mesofilik yang dapat tumbuh optimal pada kisaran suhu 35 - 37 ^{0}C sedangkan suhu minimumnya 19 - 20 ^{0}C. Pada suhu 30 ^{0}C trakoma pada *Spirulina* menjadi agak kecil dan pada suhu 40 ^{0}C bentuk spiralnya akan hilang.

Untuk produksi *Spirulina* sp. secara dapat dilakukan di tempat terbuka atau di laboratorium dengan kondisi terkontrol. Kultur mikroalga ini dipengaruhi oleh cahaya untuk proses fotosintesis, nutrien, kandungan CO_2 pada media kultur dan suhu optimum antara 35 - 38 ^{0}C. (Sotiroudis dan Georgios, 2012; Hasan, 2008).

2.3.2 Salinitas

Salinitas merupakan konsentrasi garam terlarut dalam satuan air. Salinitas memiliki peranan penting dalam pertumbuhan alga karena secara langsung berpengaruh pada tekanan osmose di dalam sel fitoplankton (Sari, *et al*., 2012). Menurut Sotiroudis dan Georgios (2012), secara alami *Spirulina* sp. tumbuh di danau dengan salinitas tinggi (> 30 g/l) serta pH 8,5 - 11.

2.3.3 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman lebih dikenal dengan istilah pH (*puissance negative de* H) adalah logaritme kepekatan ion-ion H (hidrogen) yang terlepas dalam suatu cairan. Derajat keasaman atau pH air menunjukkan aktifitas ion hidrogen dalam larutan tersebut dan dinyatakan sebagai konsentrasi ion hidrogen (dalam mol per liter) pada suhu tertentu (Kordi, 2012). Menurut Hasan (2008), *Spirulina* sp. dapat

hidup pada pH 8,5 - 11,0. Namun pH yang optimal untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. berkisar antara 7,2 - 9,5.

2.3.4 Cahaya

Mikroalga berfotosintesis dengan cara mengasimilasi karbon anorganik menjadi bahan organik. Cahaya merupakan sumber energi yang mendorong reaksi ini sehingga penyinaran perlu dipertimbangkan. Intensitas cahaya sangat bervariasi sesuai dengan kedalaman dan kepadatan kultur alga (Coutteau, 1996). Menurut Utomo (2005), cahaya yang optimal untuk pertumbuhan alga adalah 1.500 – 3.000 lux.

Spirulina sp. bersifat autotrof yang artinya dapat mensintesis makanan dari senyawa anorganik. Menurut Wijoseno (2011), tumbuhan menggunakan karbon dioksida dan air untuk menghasilkan gula dan oksigen yang diperlukan sebagai makanannya. Energi untuk menjalankan proses ini berasal dari fotosintesis. Reaksi fotosintesis ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$6H_2O + 6CO_2$ + cahaya ➔ $C_6H_{12}O_{44}O_6$ (glukosa) + 6O2

2.3.5 Nutrien

Nutrien merupakan senyawa kimia yang digunakan fitoplankton untuk pertumbuhan dan perbanyakan sel yang terdiri dari makro nutrien dan mikro nutrien. Makro nutrien dibutuhkan untuk penyusunan senyawa dalam sel terutama protein dan pembentukan klorofil yang digunakan untuk fotosintesis (Efendi, 2003). Makro nutrien tersebut seperti kalsium (C), hidrogen (H), nitrogen (N), sulfur (S), fosfor (P), kalium (K) dan magnesium (Mg). Mikro nutrien yang digunakan untuk menunjang pertumbuhan mikroalga adalah zat besi (Fe), Boron (B), Mangan (Mn), Zink (Zn) dan Silikon (Si) yang dibutuhkan dalam jumlah kecil tetapi harus ada dalam budidaya mikroalga (Kabinawa, 2005). Selain unsur makronutrien mikroalga juga memerlukan mikronutrien organik berupa vitamin

yang menunjang pertumbuhan fitoplankton antara lain Cobalamin (B), Thiamin (B1) dan Biotin (Andersen, 2005).

a. Nitrogen

Nitrogen di perairan terdiri dari dua bentuk yaitu nitrogen organik dan nitrogen anorganik. Nitrogen organik di perairan adalah nitrogen yang terikat dengan senyawa organik dalam bentuk protein, asam amino dan urea. Nitrogen anorganik adalah nitrogen yang tidak dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan akuatik dan harus mengalami fiksasi terlebih dahulu menjadi ammonia (NH_3), ammonium (NH_4), nitrit (NO_2) dan nitrat (NO_3). Bentuk senyawa nitrogen yang paling dominan di perairan adalah ion nitrat (NO_3^-) dan sangat penting bagi pertumbuhan alga. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan (Effendi, 2003).

Nitrat (NO_3^-) merupakan senyawa nitrogen utama yang diserap oleh berbagai mikroalga termasuk *Spirulina* sp. untuk pertumbuhannya. Nitrat akan direduksi oleh nitrit reduktase menjadi nitrit (NO_2) yang kemudian direduksi menjadi ammonium (NH_4^+) sehingga dapat memasuki jalur sintesis berbagai senyawa amino yaitu asam glutamate, asam aspartat dan senyawa asparagin (Suantika dan Deri, 2009). Kandungan nitrat optimum sebesar 0,9 - 3,5 mg/l (Kabinawa, 2006).

b. Fosfat

Phosphat (P) merupakan unsur pembatas bagi pertumbuhan mikroalga. Ketersediaan P yang rendah akan menyebabkan pengaruh pada efek biokoimia dan fisiologi mikroalga. Keterbatasan P yang tinggi menyebabkan mikroalga tidak mampu untuk memproduksi asam nukleat (*nuklead acid*) dan akhirnya berakibat pada penurunan pembentukan protein sehingga terganggunya pembentukan sel atau pembelahan sel. Serta menurunnya pemanfaatan sinar matahari dan fiksasi karbon dioksida (CO_2) (Pusat Teknologi Lingkungan, 2010).

Ortofosfat merupakan bentuk fosfat yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh fitoplankton. Sebagian mikro alga dapat menyerap fosfat lebih dari kebutuhan untuk pertumbuhan serta menyimpannya untuk dimanfaatkan kembali untuk pertumbuhannya. Fosfor di perairan relatif kecil dari pada kadar nitrogen. Kadar fosfat total pada perairan alami jarang melebihi 1 mg/L (Boyd, 1990).

2.4 Biomassa Plankton

Berat Biomassa adalah jumlah berat dari suatu populasi pada periode waktu tertentu dan dinyatakan dalam satuan berat (Sari, 2009). Menurut Utomo, *et al.* (2005), Pemanenan *Spirulina* sp. dilakukan setelah mencapai puncak populasi dengan melihat warna air dan pertimbangan lama waktu kultur (10 - 14 hari setelah tebar).

Menurut Fishman, *et al.* (2010), teknik pemanenan mikroalga dapat dilakukan dengan cara flokulasi dan sedimentasi, filtrasi serta sentrifugasi. Sentrifugasi merupakan proses pemisahan yang menggunakan gaya sentrifugal untuk memisahkan padatan dan cairan. Menurut Agwa, *et al*. (2012), biomassa kering dihitung dengan cara memanen sebanyak 5 ml kultur dan disentrifus 3000 rpm selama 10 menit. Selanjutnya dibilas 3x dengan garam fisiologis dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50 ^{0}C. Menurut Devanathan dan Ramanathan (2013), perhitungan berat kering *Spirulina* dengan menyaring menggunakan kertas saring dan di oven pada suhu 75 ^{0}C selama 2 sampai 6 jam. Perbedaan antara berat awal dan berat akhir diambil sebagai berat kering biomas *Spirulina sp*. dan dinyatakan dalam gram.

2.5 Pupuk

Menurut Kordi (2012), pupuk sangat diperlukan sebagai sumber nutrien untuk merangsang pertumbuhan fitoplankton. Pupuk yang biasa digunakan yaitu pupuk organik terutama dari kotoran hewan (seperti kotoran ayam, sapi, kerbau

dan sebagainya) yang berfungsi untuk memberikan substrat bagi pertumbuhan populasi alga.

Pupuk organik merupakan pupuk yang bahan bakunya berasal dari tumbuhan dan hewan. Pupuk organik sangat ramah lingkungan sehingga tidak akan mengakibatkan kerusakan daya dukung lingkungan. Pupuk organik cair (POC) yaitu pupuk organik dalam sediaan cair. Unsur hara yang terkandung di dalamnya berbentuk larutan yang sangat halus sehingga sangat mudah diserap oleh tanaman. Sumber bahan baku pupuk organik tersedia dalam bentuk limbah, baik limbah pertanian, perikanan dan peternakan (Nasaruddin dan Rosmawati, 2011).

Sumber zat hara yang berasal dari limbah mengandung senyawa organik, limbah yang mengandung senyawa organik tersebut mengalami proses dekomposisi menjadi senyawa anorganik dan dimanfaatkan oleh fitoplankton. Simanjuntak (2012), Senyawa anorganik diantaranya fosfat, nitrat dan silikat merupakan rantai makanan bagi biota laut terutama fitoplankton. Menurut Card, *et al.* (2008) *dalam* Resmawati, *et al*. (2012), Pengolahan limbah ikan lemuru dapat dijadikan sebagai pupuk organik. Pengolahan limbah tersebut dilakukan dengan metode hidrosilat protein, ikan memiliki kandungan nitrogen 2,1% dan fosfor 0,73%.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3.1.1 Alat-alat Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk penelitian tentang Pengaruh Pemberian Pupuk Cair terhadap Pertumbuhan *Spirulina* sp. (Lampiran 1) sebagai berikut :

- Toples Kaca (2,5 Liter)
- *Haemocytometer*
- Mikroskop Cahaya
- *Handtally Counter*
- Refraktometer
- pH Meter
- DO Meter
- *Washing Bottle*
- Botol Sampel
- Erlenmeyer
- Lampu TL 40 *Watt*
- Pipet tetes
- Gelas Ukur 250 ml
- Termometer
- *Cover Glass*
- *Sentrifuge*
- Spektrofotometer
- Cuvet
- Autoklaf
- Oven
- *Spuit*
- Timbangan Digital Analitik

3.1.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk penelitian tentang Pengaruh Pemberian Pupuk Cair terhadap Pertumbuhan *Spirulina* sp. (Lampiran 1) sebagai berikut :

- *Spirulina* sp.
- Pupuk “PEMIMPIN SPOK”
- Air Tawar
- Air Laut
- Kaporit
- Aluminium Foil
- Na-Thiosulfat
- Akuades
- Alcohol 70%
- Tissue
- Kain Saring
- Kertas Saring

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimen. Metode ini bertujuan mengetahui bagaimana pengaruh suatu perlakuan terhadap hasil pengamatan (penelitian) yang sebenarnya. Menurut Wibisono (2013), kegunaan dari perlakuan eksperimen adalah melakukan sesuatu terhadap seseorang atau objek dan mengobservasi reaksinya dalam kondisi dimana performanya dapat diukur menggunakan sebuah standar atau ukuran yang sudah dikenal. Penelitian eksperimental laboratorium terdiri atas dua tahap penelitian, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk melihat dan mengevaluasi pengaruh pemberian dosis pupuk cair yang diberikan, faktor teknis penelitian serta faktor eksternal dan lingkungan terhadap kultur *Spirulina* sp.. Hasil pengamatan pada penelitian pendahuluan selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk melaksanakan penelitian utama.

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan Penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan yang berbeda. Menurut Sastrosupadi (2000), Rancangan Acak Lengkap (RAL) digunakan untuk percobaan yang mempunyai media atau tempat percobaan yang seragam. Model untuk RAL adalah sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ij} = Respon atau nilai pengamatan dari perlakuan ke- i dan ulangan ke- j

μ = Nilai rata-rata

α_i = Pengaruh perlakuan ke- i

εij = Pengaruh gallat percobaan dari perlakuan ke- I dan ulangan ke-j

Perlakuan yang diberikan adalah pemberian dosis pupuk cair terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp. dengan konsentrasi sebagai berikut :

- A = Perlakuan dengan dosis pemberian pupuk 2 ml/L
- B = Perlakuan dengan dosis pemberian pupuk 2,5 ml/L
- C = Perlakuan dengan dosis pemberian pupuk 3 ml/L
- D = Perlakuan dengan dosis pemberian pupuk 3,5 ml/L

Masing-masing perlakuan dilakukan ulangan sebanyak 3 kali sehingga terdapat 12 unit percobaan. Penempatan perlakuan dilakukan secara acak dengan denah penelitian seperti pada Gambar 4.

A2	C1	C2	B3	D2	B1
A1	B2	D1	A3	C3	D3

Gambar 4. Denah Percobaan

Keterangan:

A – D : Perlakuan

1 – 3 : Ulangan

Konsentrasi yang digunakan untuk penelitian didasarkan atas penelitian terdahulu. Nurani, *et al*. (2012) menyatakan bahwa perlakuan pemberian pupuk *Azolla pinata* sebanyak 3,5 ml/L ke dalam media kultur menghasilkan pertumbuhan populasi *Spirulina* sp. tertinggi. Selanjutnya dilakukan pengamatan kualitas air setiap 2 kali sehari pada pukul 06.00 WIB dan 14.00 WIB.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Penelitian

a. Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi bertujuan untuk menghilangkan atau meminimalkan keberadaan mikroorganisme atau zat pengganggu pada alat dan media kultur yang akan digunakan selama penelitian. Tahapan sterilisasi yang dilakukan sebagai berikut:

- Alat-alat yang ukurannya cukup besar seperti toples 2,5 liter dan selang dapat disterilisasi dengan cara kimia yaitu direndam dengan kaporit 20 ppm selama 24 jam selanjutnya dinetralisir dengan menggunakan Na-thiosulfat 10 ppm selama 24 jam dan dilakukan pengeringan dengan meniriskan di atas meja.
- Sterilisasi alat-alat yang berukuran kecil dan sedang seperti pipet tetes, gelas ukur, *beaker glass*, tabung reaksi, Erlenmeyer dicuci dengan sabun dan dibilas dengan air tawar kemudian ditunggu hingga kering. Setelah kering peralatan dibungkus menggunakan kertas dan dimasukkan ke dalam autoklaf. Sterilisasi dengan autoklaf berjalan selama kurang lebih 15 menit pada suhu 121 ^{0}C dengan tekanan 1 Kg/cm^2.
- Sterilisasi air laut dan air tawar dengan menggunakan kaporit 20 ppm selama 24 jam kemudian di netralisir dengan Na-Thiosulfat 10 ppm selama 24 jam. Air laut dan air tawar yang sudah steril disimpan dalam bak besar yang tidak tembus cahaya dan tertutup rapat.
- Pupuk cair disterilisasi secara mekanik yaitu dengan penyaringan menggunakan kertas saring. Penyaringan berfungsi untuk memisahkan endapan pada pupuk dan bakteri yang tidak diinginkan.

b. Persiapan Air Payau sebagai Media Kultur

Media kultur yang digunakan adalah air laut dan air tawar. Air laut yang digunakan dalam penelitian berasal dari penyediaan dengan salinitas awal

sebesar 38 ppt sedangkan air tawar di berasal dari air kran yang terdapat di Laboratorium Reproduksi Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

Selanjutnya dilakukan pengenceran air laut dan air tawar untuk mendapatkan media air payau yang bersalinitas 30 ppt dengan menggunakan rumus bujur sangkar. Sehingga didapatkan media air payau dengan salinitas yang diinginkan.

c. Persiapan Stok Bibit *Spirulina* sp.

Bibit *Spirulina* sp. diperoleh dari Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara. Selanjutnya dihitung kepadatan awal yaitu sebesar 209 x 10^4 sel/ml. Setelah diketahui kepadatan awal maka dilakukan pengenceran. Menurut Ekawati (2011), pengenceran dapat digunakan untuk menghitung jumlah bibit plankton yang dikehendaki. Untuk menghitung jumlah bibit yang dikehendaki menggunakan rumus :

$$\mathrm{VI} = \frac{\mathrm{N2 \ x \ V2}}{\mathrm{N1}}$$

$$\mathrm{VI} = \frac{\mathrm{50.000 \ x \ 2000}}{\mathrm{209 \ X \ 10^4}} = \mathrm{47{,}85 \ ml}$$

Keterangan :

V1 = Volume bibit untuk penebaran awal (ml)

N1 = Jumlah bibit/stok yang akan ditebar. (sel/ml)

V2 = Volume media budidaya yang dikehendaki (ml)

N2 = Jumlah bibit yang dikehendaki (sel/ml).

3.4.2 Pelaksanaan Penelitian Mengenai Pemberian Pupuk Cair terhadap Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Tahapan pelaksanaan penelitian mengenai pemberian pupuk cair terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp. meliputi :

- Toples (2,5 L) diletakkan secara acak sesuai perlakuan
- Toples diisi air payau yang sudah disterilisasi sesuai volume yang diperlukan (sebanyak 2 L).
- Toples yang telah beisi air payau terlebih dahulu dipasang aerasi untuk meningkatkan kandungan oksigen terlarut serta termometer untuk mengetahui suhu media.
- Masing-masing toples diberi pupuk cair berdasarkan dosis perlakuan yaitu 2 ml/L, 2,5 ml/L, 3 ml/L dan 3,5 ml/L.
- Diberikan aerasi agar pupuk homogen di dalam media
- Dilakukan penebaran bibit *Spirulina* sp. dengan kepadatan 5 x 10^4.
- Pengamatan pertumbuhan *Spirulina* sp. setiap hari setelah penebaran awal (H-0).
- Pengukuran suhu, pH dan oksigen terlarut dilakukan setiap hari pada pagi dan siang hari (pukul 06.00 dan 14.00 WIB).
- Pengukuran kandungan nitrat dan orthofosfat dilakukan pada saat penebaran awal (H-0), pada fase pertumbuhan eksponensial dan fase kematian *Spirulina* sp.
- Pengukuran biomassa dilakukan pada saat *Spirulina* sp. mengalami fase pertumbuhan eksponensial.

3.5 Parameter Penelitian

3.5.1 Parameter Utama

Parameter utama yang diamati selama penelitian adalah pertumbuhan *Spirulina* sp. selama kultur. Pada setiap tahap penelitian perhitungan pertumbuhan populasi *Spirulina* sp.. menggunakan *haemocytometer* dengan bantuan mikroskop dan *handtally counter* untuk memudahkan perhitungan. Data yang dianalisis antara lain :

a. Pertumbuhan *Spirulina* sp. dengan Pemberian Pupuk Cair

Pertumbuhan *Spirulina* dihitung dengan cara menghitung jumlah selnya. Menurut Suminto (2009), jumlah sel dihitung dengan perhitungan dari jumlah total filamen sel *Spirulina* sp. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan *haemocytometer* dan *handtally counter* selanjutnya diamati menggunakan mikroskop untuk memudahkan perhitungan. Pengamatan pertumbuhan *Spirulina* sp. dilakukan setelah 24 jam penebaran awal. Perhitungan dilakukan dengan rumus:

$$N = \frac{\sum n \; x \; 10^4}{9}$$

Keterangan:

N = Kepadatan *Spirulina* sp. (sel/ml)

∑n = Jumlah *Spirulina* sp. per bidang pandang (sel/ml)

9 = Jumlah blok/kotak pada *haemocytometer*

b. Laju Pertumbuhan Spesifik

Menurut (Coutteau, 1996), Fase eksponensial (logaritmik) merupakan fase setelah fase Lag. Kepadatan sel meningkat pada waktu ke-t sesuai dengan fungsi logaritmik:

$$C_t = C_0.e^{\mu t}$$

Keterangan :

C_t = Kepadatan sel pada waktu ke-t

C_0 = Kepadatan sel pada waktu ke-0

μ = Laju pertumbuhan spesifik alga

t = Waktu (hari)

c. Biomassa *Spirulina* sp.

Berat biomassa adalah jumlah berat dari suatu populasi pada periode tertentu dalam satuan berat. Perhitungan berat biomas dilakukan setelah plankton mencapai puncak populasi dengan melihat warna air dan pertimbangan lama waktu kultur (10 - 14 hari setelah tebar).

Biomassa *Spirulina* sp. dihitung dengan cara memanen sebanyak 50 ml dari kultur *Spirulina* sp. selanjutnya disentrifus 3.000 rpm selama 15 menit. Setelah disentrifus dibuang airnya hingga sisa endapan *Spirulina* sp.. Ditimbang kertas saring dan aluminium foil sebagai (a+b) selanjutnya endapan *Spirulina* sp. diletakan di atas kertas saring dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50 ^{0}C selama 4 jam dan ditimbang sebagai berat kering (W1). Sehingga di dapatkan biomassa kering = [berat kering (W1) - (a+b)].

3.5.2 Parameter Penunjang

Parameter penunjang selama penelitian adalah pengukuran kualitas air meliputi suhu, derajat keasaman atau pH meter, oksigen terlarut (DO), nitrat dan orthofosfat.

a. Suhu (^{0}C)

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer. Adapun prosedur pengukuran suhu yaitu termometer di tempatkan di dalam media pertumbuhan *Spirulina* sp. dan dilakukan pembacaan pada termometer yang ditunjukkan oleh air raksa setelah itu dicatat hasinya dalam satuan ^{0}C.

Pada umumnya suhu dinyatakan dengan satuan derajat *Celcius* (^{0}C) atau derajat *Fahrenheit* (^{0}F). Pengukuran suhu pada kolam air dengan kedalaman tertentu dapat dilakukan dengan menggunakan *reversing thermometer, thermophone* atau *thermistor* (APHA, 1976 *dalam* Effendi, 2003).

b. Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. prosedur pengukuran pH yaitu *probe* dikalibrasi menggunakan akuades (pH netral) lalu *probe* dimasukkan ke dalam media kultur setelah itu tekan tombol on dan ditunggu sampai muncul angka dan terdapat tulisan *ready* pada layar pH meter. dicatat hasil pengukuran setelah itu tekan tombol off untuk mematikan alat dan *probe* dibilas dengan akuades. Menurut Hasan (2008), *Spirulina* sp. dapat hidup pada pH 8,5 - 11,0. Namun pH yang optimal untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. berkisar antara 7,2 - 9,5.

c. Oksigen terlarut (DO)

Pengukuran DO dilakukan dengan menggunakan DO meter dengan prosedur pengukuran yaitu *probe* DO meter dikalibrasi menggunakan akuades (pH netral) lalu *probe* DO meter dimasukkan ke dalam media kultur setelah itu tekan tombol on dan ditunggu sampai muncul angka dan terdapat tulisan *ready* pada layar DO meter. Dicatat hasilnya. Setelah itu tekan tombol *off* untuk mematikan alat dan *probe* dibilas dengan akuades. Boyd (1990) menyatakan bahwa kepadatan plankton yang tinggi akan menyebabkan fluktuasi konsentrasi oksigen terlarut tinggi, konsentrasi oksigen terlarut pada pagi hari sangat rendah hal itu dikarenakan terjadinya proses respirasi sehingga menyebakan berkurangnya oksigen terlarut.

d. Nitrat (NO_3^-)

Pengukuran nitrat (NO_3^-) menggunakan spektrofotometer. Adapun prosedur pengukuran yaitu dengan cara menyaring sampel air sebanyak 5 ml dimasukkan ke dalam gelas piala 50 ml, diuapkan dengan pemanas air sampai kering. Selanjutnya ditambahkan 2 ml larutan fenol sulfat dan diaduk menggunkana pengaduk gelas lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml, ditambah 7 ml amonia pekat sampai larutan berwarna kuning dan diencerkan dengan aquades

sampai batas tanda. Selanjutnya dibaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm dan dicatat absorbansinya.

e. Fosfat

Pengukuran fosfat menggunakan spektrofotometer. Adapun prosedur pengukuran yaitu dengan cara menyaring sampel air sebanyak 10 ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi lalu ditambahkan 2 ml reagen campuran, dikocok dan dibiarkan selama 5 menit. Kemudian dibaca dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 816,5 nm dan dicatat absorbansinya.

3.6 Analisis Data

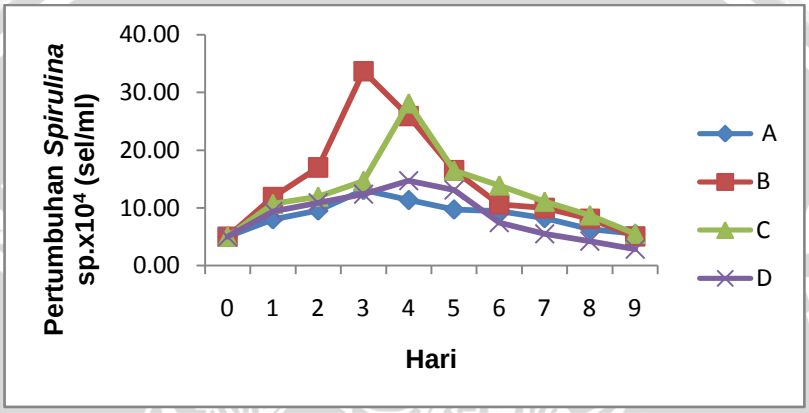
Data yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis keragaman (ANOVA) sesuai dengan rancangan yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap (RAL). Apabila dari data sidik ragam diketahui bahwa perlakuan menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata (*significant*) atau berbeda sangat nyata (*higly significant*) (F hitung > F tabel) maka untuk membandingkan nilai antar perlakuan dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Dari uji ini dilanjutkan dengan analisis polinomial ortogonal untuk mengetahui uji respon.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Data hasil penelitian mengenai rata-rata Pertumbuhan *Spirulina* sp. yang dikultur menggunakan pupuk cair dengan dosis yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 5 dan lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran 2.



Gambar 5. Grafik Rata-Rata Pertumbuhan Harian *Spirulina* sp. (x 10^4) (sel/ml) pada Masing-Masing Perlakuan selama Penelitian.

Keterangan :

A : Perlakuan dengan pemberian dosis pupuk sebanyak 2 ml/L

B : Perlakuan dengan pemberian dosis pupuk sebanyak 2,5 ml/L

C : Perlakuan dengan pemberian dosis pupuk sebanyak 3 ml/L

D : Perlakuan dengan pemberian dosis pupuk sebanyak 3,5 ml/L

Dari Gambar 5 di atas dapat dilihat bahwa *Spirulina* sp. menunjukkan peningkatan pertumbuhan sel yang berbeda pada tiap perlakuan. Dalam penelitian ini mengalami 4 fase perkembangan kultur fitoplankton yaitu fase adaptasi, fase eksponensial (puncak), fase stasioner dan fase kematian. Fase adaptasi pada masing-masing perlakuan berbeda. Pada perlakuan A dan B fase adaptasi terjadi pada hari ke-0 (saat pemasukan inokulan) sampai hari ke- 2 sedangkan pada perlakuan C dan D fase adaptasi terjadi pada hari ke-0 sampai

hari ke- 3. Menurut Fogg (1975), sel fitoplankton memerlukan waktu terhadap lingkungan baru. Pada fase ini *Spirulina* sp. masih dalam fase adaptasi. selanjutnya masing-masing perlakuan menuju fase eksponensial (puncak) dengan kepadatan yang berbeda-beda. Menurut Prihartini (2007), fase adaptasi yang pendek disebabkan media pada perlakuan sesuai dengan medium pemeliharaan.

Hasil pengamatan rata-rata pertumbuhan *Spirulina* sp. pada Gambar 5. menunjukkan pada perlakuan A dan B yaitu pemberian pupuk dengan dosis 2 ml/L dan 2,5 ml/L mengalami puncak pertumbuhan sel *Spirulina* sp. pada hari ketiga sebesar 13,07 x 10^4 sel/ml dan 33,67 x 10^4 sel/ml sedangkan perlakuan C dan D yaitu dengan dosis 3 ml/L dan 3,5 ml/L mengalami puncak pertumbuhan sel *Spirulina* sp. pada hari keempat sebesar 28,11 x 10^4 sel/ml dan 14,70 x 10^4 sel/ml. Meskipun perlakuan A dan B serta C dan D mengalami puncak pertumbuhan pada hari yang sama namun kepadatan dari masing-masing perlakuan sangat berbeda. Pada fase ini ketersediaan unsur nitrogen dalam media cukup besar sehingga metabolisme sel cepat yang menyebabkan terjadinya puncak pertumbuhan (Nurani, *et al.,* 2012).

Pertumbuhan *Spirulina* sp. tertinggi terjadi pada perlakuan B yaitu pemberian pupuk dengan dosis 2,5 ml/L karena nutrisi baik N dan P pada perlakuan B masih dapat memenuhi untuk pertumbuhan sel *Spirulina* sp. sehingga sel masih bisa bertambah. Menurut Boyd (1990), nitrogen merupakan komponen penting sebagai sumber nutrisi mikroalga untuk fase pertumbuhannya. Mikroalga memasuki fase pertumbuhan secara eksponensial sebagai fungsi waktu selama unsur hara dan cahaya tercukupi.

Setelah mencapai fase eksponensial (puncak), fase berikutnya adalah fase stasioner yang ditandai dengan menurunnya jumlah sel *Spirulina* sp. pada penelitian ini fase stasioner terjadi pada hari keempat dan kelima yang ditandai

dengan menurunnya jumlah sel *Spirulina sp.*. Menurut Fogg (1975), peningkatan populasi alga menyebabkan berkurangnya nutrien sehingga terjadi penurunan laju pertumbuhan. Selain itu adanya bayangan populasi dari selnya sendiri (*self shading*) menyebabkan berkurangnya intensitas cahaya yang diserap sehingga menyebabkan kematian.

Fase kematian pada masing-masing perlakuan terjadi pada akhir periode pengamatan yaitu pada hari ke- 9. Pengurangan populasi ini disebabkan karena ketersediaan unsur nitrogen sebagai makronutrien pada pertumbuhan *Spirulina* sp. sudah habis digunakan untuk proses metabolisme sel yang menyebabkan *Spirulina* sp. tidak mampu mempertahankan kepadatannya dan cepat mengalami penurunan (Prihartini, 2007). Coutteau (1996) menyatakan bahwa selain berkurangnya nutrien fase kematian juga disebabkan oleh penurunan kualitas air, kandungan oksigen rendah, perubahan pH serta peningkatan suhu di dalam media.

Adapun hasil pengamatan morfologi *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Pengamatan Morfologi *Spirulina* sp. dengan Perbesaran 40x

4.2 Laju Pertumbuhan Spesifik *Spirulina* sp.

Laju pertumbuhan spesifik merupakan kecepatan pertambahan sel alga persatuan waktu yang terjadi pada fase eksponensial. Menurut Fardiaz (1992) *dalam* Suantika (2008), laju pertumbuhan spesifik menggambarkan banyaknya

individu baru yang terbentuk persatuan waktu tertentu. Waktu penggandaan tercepat terjadi ketika fase eksponensial yaitu fase pertumbuhan ketika sel-sel membelah dengan cepat dan konstan mengikuti kurva logaritmik.

Perhitungan laju pertumbuhan spesifik *Spirulina* sp. selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 3. Lampiran 3 menunjukkan hasil perhitungan rata-rata laju pertumbuhan spesifik *Spirulina* sp. lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1. Sementara dari hasil analisis normalitas data laju pertumbuhan spesifik *Spirulina* sp. menunjukkan bahwa data menyebar normal pada Lampiran 4.

Tabel 1. Rata-Rata Laju Pertumbuhan Spesifik *Spirulina* sp.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	I	II	III		
A	0,26	0,34	0,32	0,91	0,30
B	0,58	0.62	0,62	1,82	0,61
C	0,33	0,44	0,35	1,12	0,37
D	0,20	0,26	0,26	0,73	0,24
Total				4,58	

Dari hasil rata-rata laju pertumbuhan *Spirulina* sp. pada Tabel 1. Dilakukan uji sidik ragam untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap laju pertumbuhan spesifik *Spirulina* sp. (Tabel 2).

Tabel 2. Sidik Ragam Laju Pertumbuhan Spesifik *Spirulina* sp.

Sumber Keragaman	**Db**	**JK**	**KT**	**F Hit**	**F Tabel 5%**	**F Tabel 1%**
Perlakuan	3	0,2393	0,239	15,433**	4,07	7,59
Acak	8	0,0155	0,016			
Total	11	0,2548				

Keterangan: ** : berbeda sangat nyata

Berdasarkan hasil perhitungan sidik ragam pada Tabel 2 dan Lampiran 5 menunjukkan bahwa pemberian pupuk cair memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap laju pertumbuhan *Spirulina* sp. dimana F hitung lebih besar dari F Tabel 5% dan 1%. Hal ini berarti menerima H_1 dan menolak H_0. Untuk mengetahui tingkat perbedaan masing-masing perlakuan maka dilanjutkan

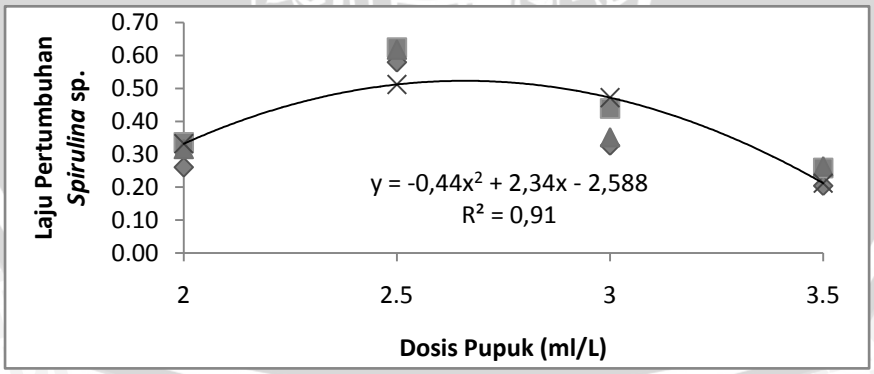
dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dapat dilihat pada Tabel 3 dan Lampiran 5.

Tabel 3. Hasil Uji BNT Laju Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Rerata Perlakuan	D= 0,24	A= 0,30	C= 0,37	B= 0,61	Notasi
D = 0,24	-	-	-	-	a
A = 0,30	0,06^{ns}	-	-	-	ab
C = 0,37	0,13**	0,07^{ns}	-	-	b
B = 0,61	0,37**	0,30**	0,23**	-	c

Keterangan : ^{ns} : tidak berbeda nyata
* : berbeda nyata
** : berbeda sangat nyata

Dari hasil uji BNT pada Tabel 3 didapatkan pengaruh pemberian pupuk cair terhadap laju pertumbuhan spesifik *Spirulina* sp. pada perlakuan D tidak berbeda nyata dengan perlakuan A tetapi berbeda sangat nyata dengan perlakuan C dan B, sedangkan perlakuan B berbeda sangat nyata dengan perlakuan A, C dan D. Dari hasil uji BNT dilanjutkan dengan uji polinomial ortogonal antara perlakuan. Untuk mengetahui hubungan pemberian dosis pupuk yang berbeda terhadap laju pertumbuhan spesifik *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 7. Perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.



Gambar 7. Grafik Hubungan Pemberian Dosis Pupuk Cair terhadap Laju Pertumbuhan Spesifik *Spirulina* sp.

Hubungan pemberian dosis pupuk cair terhadap laju pertumbuhan spesifik *Spirulina* sp. menunjukkan persamaan kuadratik $Y = -0{,}44x^2 + 2{,}34x - 2{,}588$. Dari hasil persamaan tersebut didapatkan dosis optimal sebesar 2,4 ml/L dengan nilai

laju pertumbuhan spesifik sebesar 0,499. Perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5. Pada dosis 2,43 ml/L memberikan Laju pertumbuhan spesifik *Spirulina* sp. optimal. Hal ini diduga karena nitrogen dan fosfor yang terdapat dalam pupuk mampu diserap dan dimanfaatkan dengan baik oleh *Spirulina* sp sehingga dapat memacu pertumbuhannya. Menurut Purwitasari, et al. (2012), Nitrogen merupakan nutrien pembatas terhadap laju pertumbuhan fitoplankton. Penurunan kepadatan sel secara drastic disebabkan oleh pengaruh konsentrasi N yang terlalu tinggi. Semakin tinggi konsentrasi N tidak selamanya dapat meningkatkan pertumbuhan plankton.

Hasil polinomial ortogonal menunjukkan pemberian dosis pupuk cair memberikan pengaruh meningkatnya pertumbuhan *Spirulina* sp. namun pada dosis pupuk cair yang lebih tinggi pertumbuhan *Spirulina* sp. mengalami penurunan. Menurut Wijoseno (2011), pertumbuhan fitoplankton dipengaruhi oleh kandungan nutrien di dalam media. Nitrogen merupakan makronutrien yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga. Pada saat konsentrasi nitrogen dalam media kultur optimal maka kegiatan metabolisme sel akan berjalan dengan baik termasuk sintesis klorofil. Dengan adanya kandungan klorofil yang meningkat maka proses fotosintesis akan berjalan dengan baik dan pertumbuhan mikroalga akan optimal.

Menurut Nurani, *et al.* (2012), N dan P berpengaruh terhadap pertumbuhan fitoplankton karena apabila jumlah nitrogen dan fosfor berlebih bisa menjadi toksis bagi fitoplankton dan menghambat pertumbuhannya. Sebaliknya apabila jumlah nitrogen dan fosfor kurang maka *Spirulina* sp. akan mati. Selain itu juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dalam media seperti suhu, pH dan salinitas.

4.3 Biomass *Spirulina* sp.

Data rata-rata biomassa *Spirulina* sp. selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 4. Sementara untuk perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada lampiran 6.

Tabel 4. Rata-Rata Biomassa *Spirulina* sp (gr/L).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	I	II	III		
A	1,20	3,00	1,60	5,80	1,93
B	3,40	4,00	2,80	10,20	3,40
C	3,00	2,00	3,40	8,40	2,80
D	1,00	0,40	1,80	3,20	1,07
Total				27,60	

Dari hasil perhitungan rata-rata biomassa *Spirulina* sp. pada Tabel 4, dilanjutkan dengan uji sidik ragam untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap biomassa *Spirulina* sp. (Tabel 5). Perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8.

Tabel 5. Sidik Ragam Biomassa *Spirulina* sp.

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hit	F Tabel 5%	F Tabel 1%
Perlakuan	3	9,35	3,12	5,50*	4,07	7,59
Acak	8	4,53	0,57			
Total	11	13,88				

Keterangan: * : berbeda nyata

Berdasarkan hasil perhitungan sidik ragam pada Tabel 5 dan Lampiran 8 menunjukkan bahwa pemberian pupuk cair memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap biomassa *Spirulina* sp. dimana F 5% < F hitung < F 1%. Untuk mengetahui tingkat perbedaan masing-masing perlakuan maka dilanjutkan dengan uji BNT (beda nyata terkecil) dapat dilihat pada Tabel 6 dan Lampiran 8.

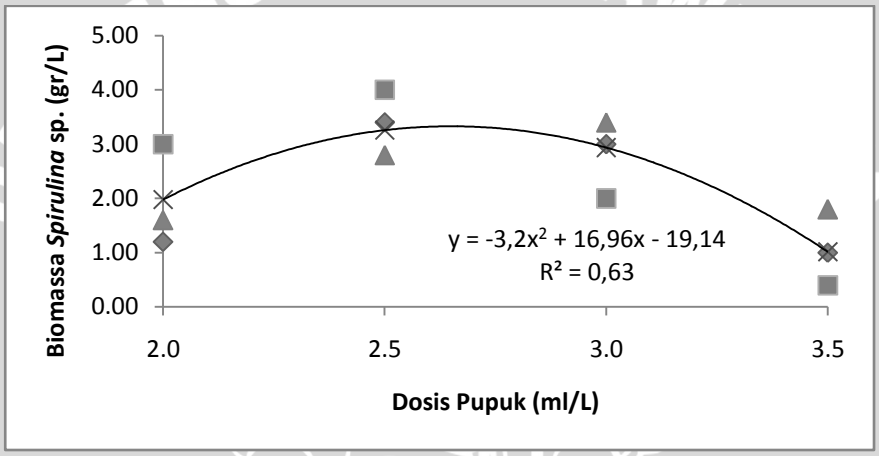
Tabel 6. Hasil Uji BNT Biomassa *Spirulina* sp.

Rerata Perlakuan	D = 1,07	A = 1,93	C = 2,80	B = 3,40	Notasi
D = 1,07	-	-	-	-	a
A = 1,93	$0,87^{ns}$	-	-	-	ab
C = 2,80	1,73*	$0,87^{ns}$	-	-	bc
B = 3,40	2,33**	1,47*	$0,60^{ns}$	-	c

Keterangan: ^{ns} : tidak berbeda nyata

* : berbeda nyata
** : berbeda sangat nyata

Dari hasil uji BNT pada Tabel 6 didapatkan pemberian pupuk cair terhadap biomassa *Spirulina* sp. pada perlakuan D tidak berbeda nyata dengan perlakuan A tetapi berbeda nyata dengan perlakuan C dan berbeda sangat nyata dengan perlakuan B. Dari hasil uji BNT dilanjutkan dengan uji polinomial ortogonal untuk mengetahui bentuk hubungan antara perlakuan maka dapat dilihat pada Gambar 8. Perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8.



Gambar 8. Grafik Hubungan Pemberian Pupuk terhadap Biomassa *Spirulina* sp.

Hubungan antara pemberian dosis pupuk terhadap biomassa *Spirulina* sp. (gr/L) menunjukkan persamaan kuadratik $Y = -3{,}2x^2 + 16{,}96x – 19{,}14$. Dari hasil persamaan tersebut didapatkan nilai perlakuan optimal yaitu pada dosis 2,44 ml/L dengan berat biomassa sebesar 3,19 gr/L. Perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8. Biomassa *Spirulina* sp. dipengaruhi oleh laju pertumbuhannya. Pada dosis yang lebih tinggi menghasilkan pertumbuhan yang lebih rendah sehingga biomassa yang dihasilkan menurun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Dianursanti (2012), biomassa *Spirulina* sp. dipengaruhi oleh laju pertumbuhannya dimana pada konsentrasi nitrogen dan intensitas cahaya yang tinggi mikroalga memiliki laju pertumbuhan yang tinggi. Proses kultivasi/produksi

biomassa mikroalga memerlukan suplai CO_2 secara kontinyu untuk menjaga aktivitas fotosintetik dari mikroalga. Untuk mencapai produktivitas yang diinginkan sangat tergantung pada laju pertumbuhan mikroalga tersebut.

Wijoseno (2011) menyatakan bahwa pada konsentrasi nitrogen yang tinggi mikroalga memiliki laju pertumbuhan yang tinggi dengan biomassa yang juga tinggi, sebaliknya pada konsentrasi nitrogen rendah menghasilkan laju pertumbuhan dan biomassa yang rendah sehingga meningkatnya konsentrasi nitrogen dapat menyebabkan peningkatan biomassa.

4.4 Parameter Kualitas Media Kultur *Spirulina* sp.

4.4.1 Suhu

Hasil pengukuran suhu pada pagi dan siang hari selama penelitian pada masing-masing perlakuan diperoleh kisaran suhu antara 24 - 29 ^{0}C. Data pengukuran suhu selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 9. Menurut Utomo (2005) suhu mempengaruhi semua aktifitas metabolisme. Suhu yang optimal bagi pertumbuhan *Spirulina* sp. antara 20 – 40 ^{0}C.

Suhu sangat berpengaruh bagi pertumbuhan fitoplankton. Semakin tinggi suhu maka proses metabolisme semakin cepat. Tetapi pada suhu yang melewati batas maksimal akan mengakibatkan kerusakan enzim sehingga proses metabolisme sel terhenti (Sari, *et al*., 2012). Untuk kultur *Spirulina* sp. di laboratorium dengan kondisi terkontrol suhu optimum antara 35 - 38 ^{0}C (Hasan, 2008).

4.4.2 Derajat Keasaman (pH)

Data hasil pengukuran derajat keasaman (pH) selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 10. Hasil pengukuran pH pada masing-masing perlakuan diperoleh pada kisaran 7,08 – 8,05. Kisaran pH tersebut masih dalam batas normal bagi pertumbuhan alga. Menurut Hasan (2008), *Spirulina* sp. dapat hidup

pada pH 8,5 - 11,0. Namun pH yang optimal untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. berkisar antara 7,2 - 9,5.

Pada hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan nilai pH relatif stabil selama kultur. Perubahan pH dapat mempengaruhi organisme akuatik. pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan sehingga sering digunakan untuk mengetahui baik buruknya suatu perairan sebagai media hidup organisme akuatik (Effendi, 2003).

4.4.3 Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan kebutuhan dasar bagi fitoplankton. Oksigen pada perairan dihasilkan dari fotosintesis alga. Pola perubahan kadar oksigen yang terjadi pada pagi dan malam hari mengakibatkan terjadinya fluktuasi harian oksigen di perairan. Data hasil pengukuran oksigen terlarut (DO) selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 11. Hasil pengukuran DO pada masing-masing perlakuan diperoleh pada kisaran 5,11 – 8,80 mg/L.

Menurut Effendi (2003) menyatakan bahwa kadar oksigen maksimum terjadi pada sore hari, hal tersebut dikarenakan pada saat siang hari pelepasan oksigen oleh proses fotosintesis berlangsung intensif dan kadar minimum oksigen terlarut terjadi pada pagi hari dikarenakanan pada saat malam hari fotosintesis berhenti namun respirasi terus berlangsung.

Selain karena proses respirasi tumbuhan dan hewan berkurangnya oksigen di perairan juga terjadi karena oksigen dimanfaatkan oleh mikroba untuk mengoksidasi bahan organik (Boyd, 1990). Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob). Semakin tinggi suhu, kelarutan oksigen semakin berkurang (Effendi, 2003).

4.4.4 Salinitas

Salinitas memiliki peranan penting dalam pertumbuhan alga karena secara langsung berpengaruh pada tekanan osmose di dalam sel fitoplankton (Sari, *et al*., 2012). Data hasil pengukuran salinitas pada masing-masing perlakuan didapatkan pada awal dan ahir penelitian berkisar antara 30 – 33 ppt. Menurut Sotiroudis dan Georgios (2012), secara alami *Spirulina* sp. tumbuh di danau dengan salinitas tinggi (> 30 g/l).

4.4.5 Nitrat

Data hasil pengukuran Nitrat (NO_3^-) selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 12. Hasil pengukuran Nitrat (NO_3^-) pada masing-masing perlakuan berkisar antara 0,81 – 2,30 mg/L. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan (Lampiran 12) menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat selama periode kultur berlangsung mengalami penurunan. Hal ini menandakan bahwa nitrat yang terdapat dalam media dimanfaatkan oleh alga yang ditandai dengan meningkatnya kelimpahan dan laju pertumbuhan *Spirulina* sp.

Nitrat (NO_3^-) merupakan senyawa nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrien utama bagi pertumbuhan mikroalga termask *Spirulina* sp. untuk pertumbuhannya. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil (Effendi, 2003). Nitrat dibutuhkan fitoplankton untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya dalam proses fotosintesis (Utomo, *et al*., 2005).

4.4.6 Fosfat

Hasil penelitian pengukuran fosfat masing-masing perlakuan berkisar antara 0,12– 0,59 mg/L. Data hasil pengukuran fosfat selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 13. Kandungan fosfat pada masing-masing perlakuan semakin menurun dengan bertambahnya waktu kultur hal tersebut menandakan bahwa *Spirulina* sp. memanfaatkan fosfat untuk pertumbuhannya. Fosfat

dibutuhkan oleh fitoplankton untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya (Utomo, 2005).

Keberadaan fosfor secara berlebihan disertai keberadaan nitrogen dapat menyebabkan *blooming* alga. Pada saat perairan cukup mengandung fosfor alga mengakumulasi fosfor di dalam sel melebihi kebutuhannya (Effendi, 2003). Fosfor di dalam perairan jumlahnya sangat kecil. Kadar fosfor dalam perairan alami jarang melebihi 1 mg/L (Boyd, 1990).

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pengaruh pemberian pupuk cair terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp. dapat diambil kesimpulan bahwa :

- Pemberian pupuk cair dengan dosis yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan *dan* biomassa *Spirulina* sp.
- Berdasarkan hasil penelitian didapatkan dosis pupuk yang optimal untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. sebesar 2,43 ml/L dengan laju pertumbuhan dan biomassa masing-masing sebesar 0,99 dan 3,19 gr/L.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan disarankan untuk budidaya *Spirulina* sp. menggunakan pupuk cair “PEMIMPIN SPOK” dengan dosis 2,43 ml/L.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR PUSTAKA

Agwa, O.K., Ibe, S.N and Abu, G.O. 2012. Economically effective potential of *Chlorella* sp. for biomass and lipid production. *J. Microbiol and Biotech. Res*. 2 (1): 35-45.

Boyd, C. E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University. Alabama. 477 page.

Coutteau, P. 1996. Manual on Production and Use Live Food for Aquaculture. P. Lavens and P. Sorgeloos (eds.). *FAO fisheries technical paper*. Rome. 295 page

Devanathan, J. and N. Ramanathan. 2013. Utilization of seawater as a medium for mass production of *Spirulina platensis* a novel approach. *International Journal of Recent Scientific Research.* 4 (5): 597-602.

Dianursanti, 2012. *Pengembangan sistem produksi biomassa Chlorella vulgaris dalam reaktor plat datar melalui optimasi pencahayaan menggunakan teknik filtrasi pada aliran kultur media.* Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok. Tidak dipublikasikan. 186 hlm.

Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta. 258 hlm.

Ekawati, A. W. 2011. Penuntun Praktikum Budidaya Makanan Alami. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. 45 hlm.

Fishman, D., M. Rajita, M. Joanne, P. Ron and Y. Joyce. 2010. National alga biofuels technology roadmap. U.S. Department of Energy, United Stated, America. *J. Microbiol. Biotech. Res.* 104 (10): 122-126.

Fogg, G. E. 1975. Alga Culture and Phytoplankton Ecology. Universitas of Wiscounsin Press. USA. 269 page.

Hasan, M.R. 2008. A Review on Culture, Production and Use of *Spirulina* as Food Humans and Feeds for Domestic Animal and Fish. *FAO fisheries and aquaculture circular*. 36 page.

Isnansetyo, A. dan Kurniastuty. 1995. Teknik Kultur Fitoplankton dan Zooplankton. Pakan Alami untuk Pembenihan Organisme Laut. Kanisius. Yogyakarta. 107 hlm.

Kabinawa, I. N. K. 2006. *Spirulina* Ganggang Penggempur Aneka Penyakit. P.T. Agromedia Pustaka. Depok. 90 hlm.

Kordi, K. M. G. 2012. Jurus Jitu Pengolahan Tambak Budidaya Perikanan Ekonomis. Lily Publisher. Yogyakarta. 217 hlm.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Nasaruddin dan Rosmawati. 2011. Pengaruh pupuk organik cair (POC) hasil fermentasi daun gamal, batang pisang dan sabut kelapa terhadap pertumbuhan bibit kakao. *Jurnal Agrisistem*. 7 (1): 29-37

Nurani, F.R., E.D. Masithah dan A. S. Mubarak. 2012. Pengaruh konsentrasi pupuk *Azolla pinata* terhadap pertumbuhan populasi *Spirulina platensis. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan* 4 (1). 39-44

Prihartini, N.B., B. Putrid dan R. Yuniati. 2005. Pertumbuhan *Chlorella* spp. dalam medium ekstrak tauge (MET) dengan variasi pH awal. *Makara Sains.* 9(1): 1-6.

Purwitasari, A. T., M. A. Alamsyah dan B. S. Rahardja. 2012. Pengaruh konsentrasi zaat pengaruh tumbuh (Asam Diklorofenoksiasetat) terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp.. J. *of Marine and Coastal Science*. 1 (2): 61-70.

Pusat Teknologi Lingkungan. 2010. Optimalisasi Pemanfaatan Limbah Organik sebagai Substitusi Media Kultur Mikroalga dalam Upaya Mereduksi CO_2. Program Insentif Perekayasa. DIKTI. Jakarta. 133 hlm.

Resmawati, M.B., E.D. Masithah dan L. Sulmartiwi. 2012. Pengaruh pemberian pupuk cair limbah ikan lemuru (*Sardinella* sp.) terhadap kepadatan populasi *Spirulina platensis*. *Journal of Marine and Coastal Science.* 1 (1): 22-33.

Sari, L. A. 2009. *Pengaruh penambahan $FeCl_3$ terhadap pertumbuhan Spirulina platensis yang dikultur pada media asal blotong kering.* Skripsi. Universitas Airlangga. Surabaya. Tidak dipublikasikan. 84 hlm.

Sastrosupadi, Adji. 2000. Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian. Kanisius. Yogyakarta. 277 hlm.

Simanjuntak, M. 2012. Kualitas air laut ditinjau dari aspek zat hara, oksigen terlarut dan pH di perairan banggai, Sulawesi Tengah. *J. Ilmu dan Tek. Kelautan Tropis.* 4 (2): 290-303.

Sotiroudis, T.G. and G.T. Sotiroudis. 2013. Health aspects of *Spirulina* (*Arthrospira*) microalga food supplement. *J. Serb. Chem. Soc*. 78 (3): 395-405.

Suantika, G. dan D. Hendrawandi. 2009. Efektivitas teknik kultur menggunakan sistem kultur statis, semi kontinyu dan kontinyu terhadap produktivitas dan kualitas kultur *Spirulina* sp. *Jurnal Matematika dan Sains.* 14 (2): 41- 48

Suminto. 2009. Penggunaan jenis media kultur teknis terhadap produksi dan kandungan nutrisi sel *Sprulina platensis*. *Jurnal Saintek Perikanan.* 4 (2): 53-61.

Utomo, N.B.P., Winarti dan A. Erlina. 2005. Pertumbuhan *Spirulina platensis* yang dikultur dengan pupuk inorganik (urea, tsp dan za) dan kotoran ayam. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 4 (1): 41-48.

Vonshak, A. 1997. *Spirulina platensis* (*Arthrospira*): Physiology, Cell-Biology and Biotechnology. Taylor and Francis Ltd. London. 227 page.

Wibisono, D. 2013. Panduan Penyusun Skripsi, Tesis dan Disertasi. Penerbit Andi. Yogyakarta. 98 hlm.

Wijoseno, T. 2011. *Uji pengaruh variasi media kultur terhadap tingkat pertumbuhan dan kandungan protein, lipid, klorofil dan karotenoid pada mikroalga Chlorella vulgaris Buitezorg*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok. Tidak dipublikasikan. 88 hlm.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Alat dan Bahan Penelitian

Timbangan Digital

Toples

Sentrifuge

DO meter

pH Meter

Haemocytometer

Mikroskop

Set Aerator

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 1. (Lanjutan)

Thermometer

Handtally Counter

Kaporit

Spirulina sp.

Pupuk Cair Komersial

Kertas Saring

Air Payau

Na-Thiosulfat

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 2. Data Pertumbuhan *Spirulina* sp. (x 10^4) (sel/ml) dalam Perlakuan yang Berbeda Selama Penelitian.

Hari ke-	A			Rata-rata	B			Rata-rata	C			Rata-rata	D			Rata-rata
	I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III	
0	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
1	7,67	9,67	6,67	8,00	9,39	12,84	13,33	11,86	10,94	10,11	11,00	10,69	9,56	8,22	10,44	9,41
2	9,44	9,89	9,22	9,52	12,78	19,78	18,44	17,00	11,94	12,44	11,44	11,94	10,89	10,44	11,37	10,90
3	11,11	15,22	12,89	13,07	31,11	34,67	35,22	33,67	14,78	17,44	11,78	14,67	11,56	13,22	12,39	12,39
4	10,78	12,89	10,33	11,33	28,67	25,56	23,44	25,89	22,00	34,22	28,11	28,11	12,67	14,33	17,11	14,70
5	10,00	9,56	9,56	9,70	15,50	18,78	15,22	16,50	16,67	19,22	13,50	16,46	19,89	10,89	8,50	13,09
6	9,22	9,46	9,52	9,40	10,44	11,00	10,33	10,59	15,67	16,11	9,89	13,89	8,78	7,44	6,11	7,44
7	6,33	8,78	9,50	8,20	9,33	10,67	9,89	9,96	9,78	13,78	9,67	11,07	8,33	4,44	3,78	5,52
8	4,67	8,67	5,67	6,33	7,50	8,11	8,67	8,09	7,78	11,11	7,28	8,72	7,56	2,22	3,00	4,26
9	4,56	7,11	4,78	5,48	4,78	6,00	4,33	5,04	3,44	9,78	3,33	5,52	4,44	2,11	2,00	2,85
Total	**78,78**	**96,23**	**83,13**		**134,50**	**152,4**	**143,89**		**118,0**	**149,22**	**111,0**		**98,67**	**78,33**	**79,70**	
Rata-Rata	**7,88**	**9,62**	**8,31**		**13,45**	**15,24**	**14,39**		**11,80**	**14,92**	**11,10**		**9,87**	**7,83**	**7,97**	

Lampiran 3. Data Laju Pertumbuhan Spesifik *Spirulina* sp.

Perlakuan	Ulangan	Pertumbuhan (sel/ml)		μ
		C_0	Ct	
A	1	5,00	11,11	0,26
	2	5,00	15,22	0,34
	3	5,00	12,89	0,32
B	1	5,00	31,11	0,58
	2	5,00	34,67	0,62
	3	5,00	35,22	0,62
C	1	5,00	22,00	0,33
	2	5,00	34,22	0,44
	3	5,00	28,11	0,35
D	1	5,00	12,67	0,20
	2	5,00	14,33	0,26
	3	5,00	17,11	0,26

$$C_t = C_0.e^{\mu t}$$

Keterangan :

C_t = Kepadatan sel pada waktu ke-t (t = eksponensial)

C_0 = Kepadatan sel pada waktu ke-0

e = Konstanta logaritma

μ = Laju pertumbuhan spesifik alga

t = Waktu

Lampiran 4. Hasil Uji Normalitas Kolmogorov- Smirnov (p>0,05) pada Laju Pertumbuhan Spesifik *Spirulina* sp.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		laju pertumbuhan
N		12
Normal Parameters[a,b]	Mean	.38125
	Std. Deviation	.148607
Most Extreme Differences	Absolute	.245
	Positive	.245
	Negative	-.158
Kolmogorov-Smirnov Z		.848
Asymp. Sig. (2-tailed)		.469

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 5. Sidik Ragam Laju Pertumbuhan Spesifik *Spirulina* sp.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	I	II	III		
A	0,26	0,34	0,32	0,91	0,30
B	0,58	0.62	0,62	1,82	0,61
C	0,33	0,44	0,35	1,12	0,37
D	0,20	0,26	0,26	0,73	0,24
Total				4,58	

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

Faktor Koreksi (FK) $= \frac{G^2}{n}$

$= \frac{4{,}58^2}{12}$

= 1,7442

JK Total = $A1^2 + A2^2 + A3^2 + \ldots\ldots\ldots\ldots,, + D3^2 - FK$

$= 0{,}26^2 + 0{,}34^2 + 0{,}32^2 + \ldots\ldots\ldots, + 0{,}26^2 - 1{,}7442$

= 1,9871 – 1,7442

= 0,2429

JK Perlakuan $= \frac{[(\sum A^2) + (\sum B^2) + (\sum C^2 + (\sum D^2)]}{r} - FK$

$= \frac{0{,}91^2 + \ldots + 0{,}73^2}{3} - 1{,}7442$

$= \frac{5{,}9211}{3} - 1{,}7442$

= 0,2295

JK Acak = JK Total – JK Perlakuan

= 0,2429 – 0,2295

= 0,0134

Lampiran 5. (Lanjutan).

Tabel Sidik Ragam Laju Pertumbuhan Spesifik *Spirulina* sp.

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0,2295	0,0765	45.5206**	4,07	7,59
Acak	8	0,0134	0,0017			
Total	11	0,2429				

Keterangan: ** : Berbeda sangat nyata

Berdasarkan hasil sidik ragam di atas F hitung > F 5% dan F 1%, dapat disimpulkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata (**) maka dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil),

Hasil Uji BNT (Beda Nyata Terkecil)

SED $= \sqrt{\frac{2 \text{ x KTAcak}}{\text{ulangan}}}$

$= \sqrt{\frac{2\ (0{,}0017)}{3}}$

= 0,0335

BNT 5% = t tabel 5% x SED

= 2,306 x 0,0335

= 0,0772

BNT 1% = t tabel 1% x SED

= 3,355 x 0,0335

= 0,1123

Lampiran 5. (Lanjutan).

Tabel Hasil Uji BNT 5% dan BNT 1%

Rerata Perlakuan	D = 0,24	A = 0,30	C = 0,37	B = 0,61	Notasi
D = 0,24	-	-	-	-	a
A = 0,30	0,06^{ns}	-	-	-	ab
C = 0,37	0,13**	0,07^{ns}	-	-	b
B = 0,61	0,37**	0,30**	0,23**	-	c

Keterangan: ^{ns} : Tidak berbeda nyata
* : Berbeda nyata
** : Berbeda sangat nyata

Polinomial Ortogonal

Perlakuan	Data (Ti)	Perbandingan (Ci)		
		Linier	Kuadratik	Kubik
2,0	0,91	-3	1	-1
2,5	1,82	-1	-1	3
3,0	1,12	1	-1	-3
3,5	0,73	3	1	1
Q = ∑ (CiTi)		-1,27	-1,30	1,93
KR =∑ (Ci^)*3		60,00	12,00	60,00
JK = Q^/KR		0,0267	0,1411	0,0618

Tabel Sidik Ragam Regresi

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0,2295			5,32	11,26
Linier	1	0,0267	0,0267	15,8713**		
Kuadratik	1	0,1411	0,1411	83,9376**		
Kubik	1	0,0618	0,0618	36,7530**		
Acak	8	0,0134	0,0017			

Keterangan : ** : Berbeda sangat nyata

R^2 Linier $= \frac{\text{JK Linier}}{\text{JK Linier} + \text{JK Acak}}$

$= \frac{0{,}0267}{0{,}0267 + 0.0134}$

$= 0{,}6649$

Lampiran 5. (Lanjutan)

R^2 Kuadratik $= \frac{\text{JK Kuadratik}}{\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}}$

$= \frac{0,1411}{0,1411 + 0,0134}$

$= 0,913$

Koefisien Korelasi $= \sqrt{0,913} = 0,9555$

R^2 Kubik $= \frac{\text{JK Kubik}}{\text{JK Kubik} + \text{JK Acak}}$

$= \frac{0,0618}{0,0618 + 0,0134} = 0,8212$

Dari hasil perhitungan R^2 Linier < R^2 Kuadratik > R^2 Kubik, sehingga regresi kuadratik sesuai untuk kurva respon.

uj	-1,50	-0,50	0,50	1,50	Total
p	2,00	2,50	3,00	3,50	11,00
n =12	0,26	0,58	0,33	0,20	
	0,34	0,62	0,44	0,26	
	0,32	0,62	0,35	0,26	
yij	0,91	1,82	1,12	0,73	4,58
uj	-1,50	-0,50	0,50	1,50	0,00
uj2	2,25	0,25	0,25	2,25	5,00
uj4	5,06	0,06	0,06	5,06	10,25
ujyij	-1,37	-0,91	0,56	1,09	-0,63
uj2yij	2,05	0,46	0,28	1,63	4,42

$$Y = b0 + b1\ xj + b2\ xj^2$$

Untuk mencari koefisien b0, b1 dan b2 digunakan persamaan normal:

$\sum\sum Yij = bo \times n + b2\ r\ \sum Uj2$

$\sum\sum ujYij = b1\ r\ \sum Uj2$

$\sum\sum uj2Yij = bo\ r \times \sum Uj2 + b2\ r \sum Uj4$

Keterangan :

Yij = Nilai pengamatan

Xj = Nilai taraf dari pada faktor

n = Banyaknya pengamatan

Lampiran 5. (Lanjutan)

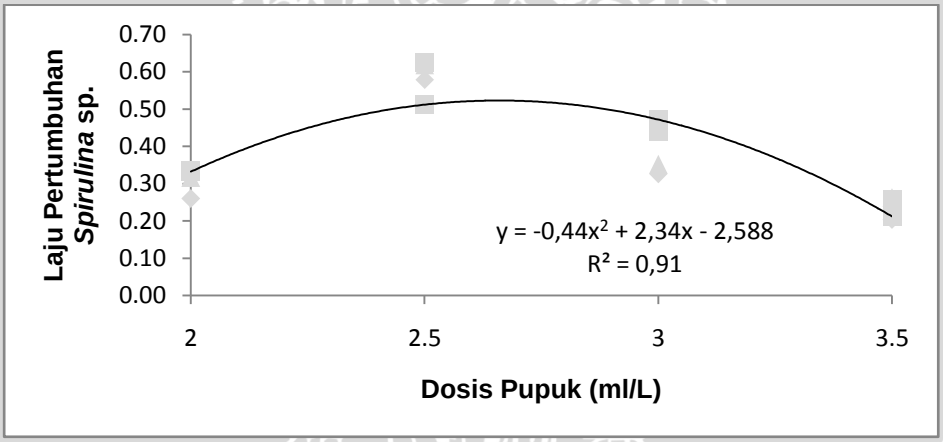
Persamaan : $Y = -0{,}44x^2 + 2{,}34x - 2{,}588$

Dari persamaan diperoleh:

X	Y
2,0	0,33
2,5	0,51
3,0	0,47
3,5	0,21

Untuk membuat grafik trend line berdasarkan seri 4 dari Y

sumbu x	**sumbu y**			
	seri 1	**seri 2**	**seri 3**	**seri 4**
2,0	0,26	0,34	0,32	0,33
2,5	0,58	0,62	0,62	0,51
3,0	0,33	0,44	0,35	0,47
3.5	0,20	0,26	0,26	0,21



Selanjutnya untuk mencari titik optimal dari persamaan $Y= -0{,}44x^2 + 2{,}34x -2{,}588$

$Y/X = 0{,}44x +2{,}34 – 2{,}588x^{-1}$

$0' = 0{,}44 + 2{,}588x^{-2}$

$x^2 = 5{,}88$

$x = 2{,}425$ maka,

$Y = -0{,}44(2{,}425^2) + 2{,}34(2{,}425) - 2{,}588$

$Y = -2{,}587 + 5{,}675 -2{,}588$

$Y = 0{,}499$

Lampiran 6. Data Biomassa Kering *Spirulina* sp. (gr/L)

Perlakuan	W Kertas Saring (a) (gr)	W Kertas Alufo (b) (gr)	a + b (gr)	W Basah (a + b) (gr)	W Kering (a + b) (gr)	Plankton per 50 ml					Rerata
						W Basah (gr)	W Kering (gr)	Kadar Air (%)	Kadar Kering (%)	W Kering (gr/L)	
A1	0,45	0,31	0,76	3,22	0,82	2,46	0,06	98	2	1,20	1,93
A2	0,49	0,27	0,76	3,99	0,91	3,23	0,15	95	5	3,00	
A3	0,5	0,31	0,81	2,6	0,89	1,79	0,08	96	4	1,60	
B1	0,5	0,32	0,82	2,27	0,99	1,45	0,17	88	12	3,40	3,40
B2	0,75	0,21	0,96	3,14	1,16	2,18	0,2	91	9	4,00	
B3	0,77	0,31	1,08	3,13	1,22	2,05	0,14	93	7	2,80	
C1	0,5	0,29	0,79	1,58	0,94	0,79	0,15	81	19	3,00	2,80
C2	0,45	0,25	0,7	2,67	0,8	1,97	0,1	95	5	2,00	
C3	0,45	0,25	0,7	2,28	0,87	1,58	0,17	89	11	3,40	
D1	0,41	0,34	0,75	2,6	0,8	1,85	0,05	97	3	1,00	1,07
D2	0,4	0,27	0,67	2,75	0,69	2,08	0,02	99	1	0,40	
D3	0,4	0,31	0,71	2,07	0,8	1,36	0,09	93	7	1,80	

Keterangan :

W basah (per 50 ml) = [(W basah (a + b)) – (a + b)] (gr)

W kering (per 50 ml) = [(W kering (a + b)) – (a + b)] (gr)

Lampiran 6. (Lanjutan)

Kadar air $= \frac{\text{W basah} - \text{W kering}}{\text{W basah}} \times 100\%$

Kadar kering $= \frac{\text{W kering}}{\text{W basah}} \times 100\%$

W kering (gr/L) = W kering (per 50 ml) x 20

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 7. Hasil Uji Normalitas Kolmogorov- Smirnov (p>0,05) pada Biomassa *Spirulina* sp. (gr/L)

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Biomas
N		12
Normal Parameters[a,b]	Mean	2,3000
	Std. Deviation	1,12331
Most Extreme Differences	Absolute	.172
	Positive	.105
	Negative	-.172
Kolmogorov-Smirnov Z		.595
Asymp. Sig. (2-tailed)		.870

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 8. Sidik Ragam Biomassa *Spirulina* sp. (gr/L)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	I	II	III		
A	1,20	3,00	1,60	5,80	1,93
B	3,40	4,00	2,80	10,20	3,40
C	3,00	2,00	3,40	8,40	2,80
D	1,00	0,40	1,80	3,20	1,07
Total				27,60	

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

Faktor Koreksi (FK) $= \frac{G^2}{n}$

$= \frac{27{,}60^2}{12} = 63{,}48$

JK Total $= A1^2 + A2^2 + A3^2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, + D3^2 - FK$

$= 1{,}20^2 + 3{,}00^2 + 1{,}60^2 + \ldots\ldots\ldots, + 1{,}80^2 - 63{,}48$

$= 77{,}36 - 63{,}48$

$= 13{,}88$

JK Perlakuan $= \frac{[(\sum A2) + (\sum B2) + (\sum C2) + (\sum D2)]}{r} - FK$

$= \frac{218{,}48}{3} - 63{,}48$

$= 9{,}35$

JK Acak = JK Total – JK Perlakuan

$= 13{,}88 - 9{,}35$

$= 4{,}53$

Lampiran 8. (Lanjutan)

Tabel Sidik Ragam Biomassa *Spirulina* sp,

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	9,35	3,12	5,50*	4,07	7,59
Acak	8	4,53	0,57			
Total	11	13,88				

Keterangan: * : Berbeda nyata

Berdasarkan hasil sidik ragam di atas F 5% < F hitung < F 1%, dapat disimpulkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh berbeda nyata (*) maka dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

Hasil Uji BNT (Beda Nyata Terkecil)

SED $= \sqrt{\frac{2 \text{ x KTAcak}}{\text{ulangan}}}$

$= \sqrt{\frac{2\ (0{,}57)}{3}} = 0{,}61$

BNT 5% = t tabel 5% x SED

= 2,306 x 0,61

= 1,42

BNT 1% = t tabel 1% x SED

= 3,355 x 0,61

= 2,06

Lampiran 8. (Lanjutan)

Tabel Hasil Uji BNT 5% dan BNT 1%

Rerata Perlakuan	D = 1,07	A = 1,93	C = 2,80	B = 3,40	Notasi
D = 1,07	-				a
A = 1,93	0,87^{ns}	-			ab
C = 2,80	1,73*	0,87^{ns}	-		bc
B = 3,40	2,33**	1,47*	0,60^{ns}	-	c

Keterangan : ^{ns} : Tidak berbeda nyata
* : Berbeda nyata
** : Berbeda sangat nyata

Polinomial Ortogonal

Perlakuan	Data (Ti)	Perbandingan (Ci)		
		Linier	Kuadratik	Kubik
2,0	5,80	-3	1	-1
2,5	10,20	-1	-1	3
3,0	8,40	1	-1	-3
3,5	3,20	3	1	1
Q = ∑ (CiTi)		-9,60	-9,60	2,80
KR =∑ (Ci^)*3		60	12	60
JK = Q^/KR		1,54	7,68	0,13

Tabel Sidik Ragam Regresi

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	9,35	3,12		5,32	11,26
Linier	1	1,54	1,54	2,71^{ns}		
Kuadratik	1	7,68	7,68	13,55**		
Kubik	1	0,13	0,13	0,23^{ns}		
Acak	8	4,53	0,57			

Keterangan : ^{ns} : Tidak berbeda nyata
: **: Berbeda sangat nyata

R^2 Linier $= \frac{\text{JK Linier}}{\text{JK Linier} + \text{JK Acak}}$

$= \frac{1,54}{1,54 + 4,53}$

$= 0,253$

Lampiran 8. (Lanjutan)

R^2 Kuadratik $= \frac{\text{JK Kuadratik}}{\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}}$

$= \frac{7,68}{7,68 + 4,53} = 0,63$

Koefisien Korelasi (r) $= \sqrt{0,63} = 0,79$

R^2 Kubik $= \frac{\text{JK Kubik}}{\text{JK Kubik} + \text{JK Acak}}$

$= \frac{0,13}{0,13 + 4,53} = 0,03$

Dari hasil perhitungan R^2 Linier < R^2 Kuadratik > R^2 Kubik, sehingga regresi kuadratik sesuai untuk kurva respon.

uj	-1,5	-0,5	0,5	1,5	Total
p	2,0	2,5	3,0	3,5	11.0
n =12	1,2	3,4	3,0	1	
	3,0	4,0	2,0	0,4	
	1,6	2,8	3,4	1,8	
yij	5,8	10,2	8,40	3,2	27,6
uj	-1,5	-0,5	0,5	1,5	0
uj2	2,25	0,25	0,25	2,25	5
uj4	5,0625	0,0625	0,0625	5,0625	10,25
ujyij	-8,7	-5,1	4,2	4,8	-4,8
uj2yij	13,05	2,55	2,1	7,2	24,9

$$\mathbf{Y = b0 + b1\ xj + b2\ xj^2}$$

Untuk mencari koefisien b0, b1 dan b2 digunakan persamaan normal:

$\sum\sum Yij$ = bo x n + b2 r $\sum Uj2$

$\sum\sum ujYij$ = b1 r $\sum Uj2$

$\sum\sum uj2Yij$ = bo r x $\sum Uj2$ + b2 r $\sum Uj4$

Keterangan :

Yij = Nilai pengamatan

Xj = Nilai taraf dari pada faktor

n = Banyaknya pengamatan

Lampiran 8. (Lanjutan)

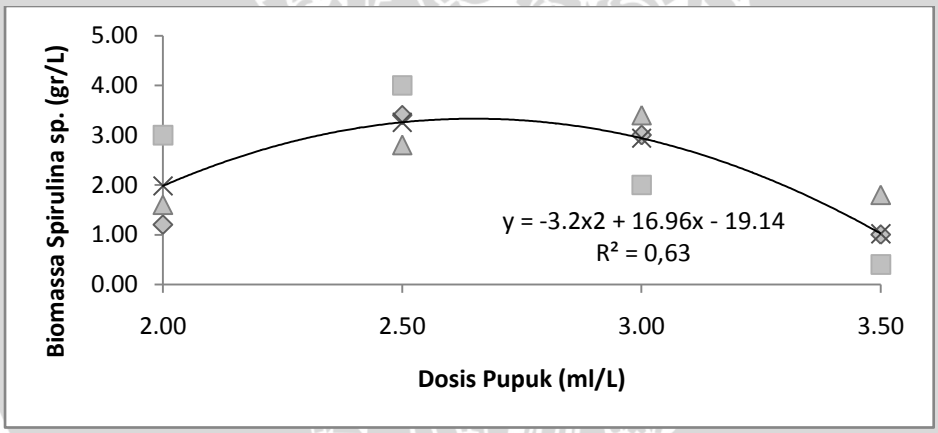
Persamaan didapatkan $Y = -3{,}2x^2 + 16{,}96x – 19{,}14$

Dari persamaan diperoleh :

X	Y
2,0	1,978
2,5	3,258
3,0	2,938
3,5	1,018

Untuk membuat grafik trend line berdasarkan seri 4 dari Y:

Sumbu x	Sumbu y			
	Seri 1	Seri 2	Seri 3	Seri 4
2,0	1,20	3,00	1,60	1,98
2,5	3,40	4,00	2,80	3,26
3,0	3,00	2,00	3,40	2,94
3,5	1,00	0,40	1,80	1,02



Selanjutnya untuk mencari titik optimal dari persamaan $Y= -3{,}2x^2 + 16{,}96x -19{,}14$

$Y/X = -3{,}2x + 16{,}96 – 19{,}14x^{-1}$

$0' = -3{,}2 – 19{,}14x^{-2}$

$x^2 = 5{,}98$

$x = 2{,}44$

maka,

$Y = -3{,}2(2{,}44)^2 + 16{,}96(2{,}44) – 19{,}14$

$Y = 3{,}19$

Lampiran 9. Data Pengukuran Suhu (^{0}C) pada Media Pertumbuhan *Spirulina* sp. selama Penelitian

Data Suhu Pagi Hari (pukul 06.00 WIB) (^{0}C)

Perlakuan	Hari Ke -									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A1	24,5	26,0	24,0	25,5	26,5	26,0	26,0	25,5	25,5	25,5
A2	24,5	25,0	24,0	24,0	26,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
A3	25,0	25,5	24,0	24,5	26,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,5
B1	24,0	25,0	23,5	24,0	25,0	25,0	25,0	25,0	24,5	26,0
B2	25,5	26,0	25,0	25,5	26,5	26,0	25,5	24,0	25,0	26,0
B3	26,0	25,0	24,0	24,0	25,5	25,0	25,0	25,0	25,0	26,0
C1	25,0	27,0	26,0	26,0	25,5	25,5	24,0	24,0	25,0	26,0
C2	26,0	27,0	26,0	26,0	27,5	27,0	26,5	25,5	25,5	27,0
C3	25,0	26,0	25,5	24,5	26,0	26,0	26,0	25,5	25,0	26,5
D1	26,0	26,0	25,5	25,5	27,0	27,0	26,5	25,0	26,0	27,0
D2	25,5	25,5	25,0	25,0	26,0	26,0	25,0	24,0	25,5	27,0
D3	24,0	25,0	23,5	24,0	25,0	25,0	24,0	24,0	24,0	25,5

Lampiran 9. (Lanjutan)

Data Suhu Siang Hari (pukul 14.00 WIB) (^{0}C)

Perlakuan	Hari Ke -									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A1	28,0	27,5	27,0	28,0	27,0	27,5	27,0	27,0	29,0	27,5
A2	28,0	27,0	26,0	28,0	27,0	27,0	26,0	26,0	28,5	27,0
A3	27,0	26,5	26,0	27,0	28,0	27,5	26,0	26,0	27,0	26,5
B1	27,5	27,5	26,0	28,0	27,5	27,5	26,0	26,5	28,5	27,5
B2	27,5	27,0	26,5	28,0	28,0	28,0	26,0	25,5	28,0	27,0
B3	27,0	27,0	26,0	27,5	27,0	27,0	26,5	26,0	28,0	27,0
C1	29,0	29,0	28,0	27,5	27,5	27,5	25,5	26,0	29,5	27,0
C2	29,0	29,0	28,0	29,0	29,0	29,0	26,5	27,0	29,0	28,5
C3	27,0	26,5	26,0	27,0	27,5	27,5	27,0	26,5	28,0	28,0
D1	27,5	28,0	27,0	28,0	28,0	28,0	27,0	27,0	28,5	28,0
D2	28,0	28,0	27,0	28,0	27,5	27,0	27,0	27,0	29,0	28,0
D3	27,0	26,5	25,0	26,5	26,0	27,0	25,0	25,0	26,5	26,0

Lampiran 10. Data pengukuran pH pada Media Pertumbuhan *Spirulina* sp. Selama Penelitian.

Data pH pagi hari (pukul 06.00 WIB)

Perlakuan	Hari Ke -									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A1	7,28	7,43	7,16	7,27	7,74	7,73	7,32	7,08	7,89	7,28
A2	7,39	7,58	7,20	7,05	7,31	7,29	7,28	7,18	7,71	7,28
A3	7,34	7,40	7,29	7,14	7,93	7,81	7,83	7,31	7,87	7,41
B1	7,37	7,39	7,34	7,08	7,73	7,68	7,51	7,31	7,35	7,81
B2	7,31	7,28	7,34	7,30	7,74	7,67	7,25	7,15	7,26	7,32
B3	7,36	7,41	7,31	7,18	7,66	7,55	7,34	7,29	7,31	7,41
C1	7,85	7,25	7,18	7,01	7,27	7,11	7,28	7,31	7,82	7,67
C2	7,39	7,28	7,31	7,09	7,72	7,91	7,64	7,54	7,75	7,81
C3	7,30	7,30	7,30	7,01	7,94	7,39	7,43	7,63	7,62	7,96
D1	7,38	7,43	7,31	7,19	7,78	7,67	7,57	7,19	7,71	7,31
D2	7,26	7,37	7,30	7,10	7,59	7,41	7,31	7,42	7,76	7,98
D3	7,19	7,36	7,33	7,80	7,93	7,83	7,84	7,79	7,81	7,75

Lampiran 10. (Lanjutan)

Data pH siang hari (pukul 14.00 WIB)

Perlakuan	Hari Ke -									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A1	7,46	7,16	7,47	7,10	7,28	7,46	7,16	7,10	8,05	7,30
A2	7,66	7,12	7,45	7,60	7,35	7,47	7,12	7,65	7,85	7,35
A3	7,09	7,25	7,26	7,33	7,81	7,26	7,25	7,33	7,95	7,57
B1	7,13	7,14	6,64	7,45	7,63	7,64	7,14	7,45	8,00	7,98
B2	7,34	7,08	7,43	7,16	7,72	7,43	7,10	7,16	7,85	7,44
B3	7,12	7,25	7,02	7,29	7,59	7,02	7,25	7,29	8,00	7,56
C1	7,68	7,12	7,40	7,13	7,17	7,48	7,15	7,17	7,80	7,41
C2	7,58	7,21	7,31	7,38	7,61	7,35	7,81	7,28	7,89	7,45
C3	7,10	7,24	7,30	7,48	7,82	7,61	7,65	7,38	8,00	8,00
D1	7,20	7,02	7,31	7,26	7,59	7,88	7,04	7,16	7,76	7,47
D2	7,13	7,22	7,30	7,45	7,45	7,81	7,18	7,35	7,96	8,02
D3	7,07	7,21	7,33	7,24	7,81	7,96	7,91	7,14	8,01	7,96

Lampiran 11. Data Pengukuran DO pada Media Pertumbuhan *Spirulina* sp. Selama Penelitian.

Data DO pagi hari (pukul 06.00 WIB) (ppm)

Perlakuan	Hari Ke -									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A1	5,11	6,22	6,28	6,41	6,60	6,80	6,28	6,40	6,51	7,98
A2	6,21	6,05	6,82	6,68	6,76	6,92	6,81	7,06	6,67	6,87
A3	5,89	6,07	7,27	7,19	6,58	6,61	6,72	7,58	6,82	7,81
B1	6,76	6,39	7,99	6,65	6,20	6,38	6,99	6,05	6,17	6,92
B2	6,64	6,42	6,86	6,95	7,00	7,05	6,96	6,37	6,29	6,75
B3	6,08	6,57	6,07	6,70	6,44	7,67	7,87	6,42	6,83	7,71
C1	5,36	6,22	6,80	6,54	7,08	6,98	6,90	6,31	6,60	6,99
C2	6,11	6,07	6,62	6,48	6,99	7,00	6,82	6,05	6,85	6,99
C3	5,74	6,17	6,84	6,25	6,55	7,74	6,81	6,37	6,70	7,55
D1	5,53	6,00	6,32	6,04	7,16	6,00	6,45	6,00	6,95	6,69
D2	5,94	6,03	7,52	6,41	6,38	6,95	6,93	6,81	6,15	6,81
D3	5,76	6,19	6,81	6,00	6,47	6,78	6,81	7,37	6,71	6,73

Lampiran 11. (Lanjutan)

Data DO siang hari (pukul 14.00 WIB) (ppm)

Perlakuan	Hari Ke -									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A1	7,58	7,55	8,34	8,57	8,29	7,34	8,50	8,18	7,32	8,78
A2	6,34	7,60	8,40	8,42	8,80	8,40	8,85	8,30	8,12	8,80
A3	6,36	7,72	7,53	7,97	8,61	8,38	8,91	8,59	8,05	8,72
B1	7,36	8,29	8,66	8,00	8,00	8,63	8,00	8,05	8,73	8,75
B2	7,32	8,35	8,10	9,46	8,85	8,43	9,05	8,27	8,72	8,72
B3	7,35	7,54	8,30	8,00	8,59	8,30	9,68	8,21	8,78	8,68
C1	7,16	8,11	8,66	8,32	8,78	8,66	8,32	8,48	8,50	8,93
C2	7,11	8,21	7,99	8,34	8,97	8,91	8,41	8,15	8,05	9,06
C3	6,35	7,85	7,92	8,23	8,64	8,73	8,87	8,41	8,51	8,41
D1	7,83	8,18	7,82	8,42	7,03	8,82	8,54	8,53	8,48	8,86
D2	6,75	7,63	8,01	8,70	8,58	8,10	8,71	8,02	8,53	8,78
D3	6,90	8,16	8,87	8,52	8,71	8,87	8,89	8,38	8,91	7,00

Lampiran 12. Data Pengukuran Kandungan Nitrat (NO_3^-) pada Media Pertumbuhan *Spirulina* sp. Selama Penelitian (ppm)

Perlakuan	Ulangan	Pengamatan Hari Ke -			
		0	3	4	9
A	1	1,93	1,82		1,49
	2	1,90	1,73		1,28
	3	1,84	1,62		1,38
B	1	2,19	2,18		1,08
	2	2,13	2,05		1,18
	3	2,30	2,23		1,13
C	1	1,20		0,95	0,81
	2	1,08		1,03	0,92
	3	1,12		0,99	1,01
D	1	1,81		1,55	1,12
	2	1,61		1,22	1,08
	3	1,72		1,36	1,21

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 13. Data Pengukuran Kandungan Fosfat pada Media Pertumbuhan *Spirulina* sp. selama Penelitian (ppm)

Perlakuan	Ulangan	Pengamatan Hari Ke -			
		0	3	4	9
A	1	0,57	0,50		0,28
	2	0,53	0,47		0,25
	3	0,49	0,45		0,27
B	1	0,44	0,40		0,12
	2	0,40	0,37		0,15
	3	0,47	0,44		0,14
C	1	0,50		0,31	0,24
	2	0,59		0,34	0,29
	3	0,53		0,32	0,27
D	1	0,25		0,38	0,31
	2	0,34		0,35	0,28
	3	0,31		0,30	0,25

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA