

**PEMBERIAN DOSIS PUPUK UREA YANG BERBEDA TERHADAP
KANDUNGAN PROTEIN *Spirulina* sp.**

**LAPORAN SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh :

LUFFI YUANDA GUSTI APRI

NIM. 115080107111007



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2015

**PEMBERIAN DOSIS PUPUK UREA YANG BERBEDA TERHADAP
KANDUNGAN PROTEIN *Spirulina* sp.**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

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

Oleh :

Luffi Yuanda Gusti Apri

NIM. 115080107111007



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2015

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

PEMBERIAN DOSIS PUPUK UREA YANG BERBEDA TERHADAP
KANDUNGAN PROTEIN *Spirulina* sp.

Oleh:

LUFFI YUANDA GUSTI APRI
NIM. 115080107111007telah diperhankan didepan penguji
pada tanggal 13 Agustus 2015
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

SK Dekan No. : _____

Tanggal : _____

Dosen Penguji I

Ir. Kusriani, MP
NIP. 19560417 198403 2 001
Tanggal: _____

Dosen Penguji II

Dr. Asus Maizar S.H.,S.Pi., MP
NIP. 19720529 200312 1 001
Tanggal: _____Menyetujui,
Dosen Pembimbing IDr. Uun Yanuhar, S.Pi.,M.Si.
NIP. 19730404 200212 2 001
Tanggal: _____

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Mohammad Mahmudi,MS
NIP. 19600505 198601 1 004
Tanggal: _____Mengetahui,
Ketua Jurusan MSP(Dr. Ir. ArningWilujengEkawati, MS.)
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal: _____

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Luffi Yuanda Gusti Apri

NIM : 115080107111007

Prodi : Manajemen Sumberdaya Perairan

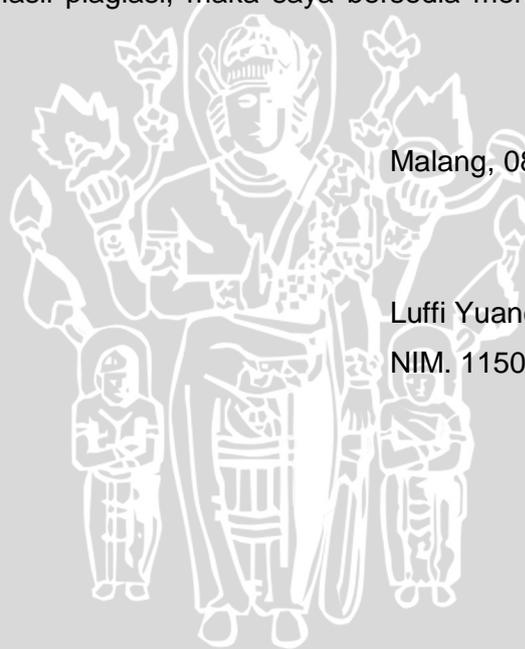
Dengan ini saya menyatakan bahwa pembuatan Laporan Penelitian Skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Laporan Penelitian Skripsi ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 08 Agustus 2015

Luffi Yuanda Gusti Apri

NIM. 115080107111007



RINGKASAN

Luffi Yuanda Gusti Apri. Skripsi. Pemberian Pupuk Urea Yang Berbeda Terhadap Kandungan Protein *Spirulina* sp. (Dibawah bimbingan **Dr. Uun Yanuhar, S.Pi., M.Si.** dan **Dr.Ir. Mohammad Mahmudi,MS**)

Ketersediaan fitoplankton memiliki peran penting dalam mengontrol kualitas air dan berperan sebagai produsen primer karena dijadikan pakan pada budidaya zooplankton, yang kemudian zooplankton akan dimakan larva ikan. Jenis fitoplankton yang memenuhi syarat dalam pemeliharaan larva ikan salah satunya adalah *Spirulina* sp. Kelebihan dari *Spirulina* sp. yaitu mudah untuk dikultur secara semi ataupun massal, tidak menimbulkan racun atau kerusakan di bak pemeliharaan larva dan pertumbuhannya relatif cepat. Pemenuhan kebutuhan nutrisi yang cukup untuk medium kultur harus diperhatikan agar *Spirulina* sp. dapat tumbuh dengan baik. Komposisi nutrisi yang lengkap dan tepat dapat menentukan produksi biomassa dan kandungan gizi mikroalga. Pupuk urea merupakan pupuk kimia yang mengandung Nitrogen (N) berkadar tinggi

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pemberian dosis pupuk urea yang berbeda terhadap kandungan protein kultur sel *Spirulina* sp. terhadap kepadatan sel dan kandungan protein *Spirulina* sp. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari–April 2015 yang bertempat di Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan serta Laboratorium Reproduksi Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap Tersarang dengan 3 perlakuan dan 3 kali ulangan. Perlakuan pada penelitian ini yaitu pemberian pupuk urea dengan dosis pupuk: A (80 ppm B (100 ppm urea, C (120 ppm urea).

Hasil pengamatan kepadatan sel menunjukkan bahwa perlakuan pupuk dengan dosis C merupakan perlakuan paling baik dengan rata-rata kepadatan 472 sel/ml, di ikuti perlakuan B sebesar 267 sel/ml, lalu perlakuan A sebesar 204 sel/ml. Hasil perhitungan kadar protein menunjukkan hasil yang berbanding lurus dengan kepadatan sel, adapun nilai protein masing-masing perlakuan sebagai berikut: perlakuan A= 0,28%, perlakuan B= 0,54%, perlakuan C= 1,09%. Parameter kualitas air pada saat kultivasi yang meliputi Kisaran suhu berkisar 25-29°C, oksigen terlarut berkisar 6,3-8,9 mg/l, salinitas berkisar 30-35 ppt, CO₂ berkisar 7,8-48 mg/l, Nitrat berkisar 0,35-0,99 mg/l, fosfat berkisar 0,035-2,32mg/l dan pH berkisar 7-8,9. Kisaran kualitas air tersebut masih tergolong baik dan layak digunakan untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. Secara keseluruhan, kualitas air pada media kultivasi dapat ditolerir oleh mikroalga *Spirulina* sp.

Kesimpulan pada penelitian ini yaitu, perlakuan pemberian dosis pupuk urea yang berbeda akan memberikan pengaruh terhadap kepadatan sel dan kandungan protein *Spirulina* sp. Berdasarkan hasil penelitian, maka disarankan menggunakan pupuk urea 120 ppm karena menghasilkan kepadatan sel maupun kandungan protein tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul "Pemberian Dosis Pupuk Urea Yang Berbeda Terhadap Kandungan Protein *Spirulina* sp." ini dapat terselesaikan. Laporan Skripsi ini disusun sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan dari Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang.

Dalam penyusunan laporan ini kami menyadari adanya kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kekurangtepatan, oleh sebab itu segala kritik dan saran yang membangun penulis diterima dengan senang hati.

Semoga laporan ini dapat menambah pengetahuan dan bermanfaat bagi yang membacanya. Amin.

Malang, Agustus 2015

Penulis,

Luffi Yuanda Gusti Apri

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyelesaian Tugas akhir ini, penulis telah banyak mendapat bantuan, dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan hati penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Allah SWT
2. Kedua orangtua, saudara beserta keluarga, yang telah membantu dengan segala cinta kasih dan memberikan dukungan doa untuk kelancaran pelaksanaan dan penulisan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Uun Yanuhar, S.Pi.,MSi selaku dosen pembimbing I yang senantiasa memotivasi, meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr.Ir. Mohammad Mahmudi, MS selaku pembimbing II yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan yang membangun dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Asus Maizar S.H., S.Pi., MP. selaku pembimbing akademik atas nasehat-nasehat motivasi terhadap penulis.
6. Untuk sahabatku Fahmi, Duta, Ellen, Dewi, Lili ,Chea, Endri, Alan, Manda, Anggi, yovan, atas doa, dukungan, hiburan,semangat dan bantuannya.
7. Untuk Sahabat seperjuanganku Duta dari maba, partner sekos dan sekamar atas bantuan dan doanya.
8. Untuk Sahabat sekaligus motivatorku Rizal babil yang banyak mengajari tentang arti dari kesabaran terima kasih atas bantuan doa dan dukungannya.
9. Teman – Teman seperjuangan FPIK UB 2011.
10. Teman kos mbak dina, dian, putri, nurul, awe, mega, ima, zahra serta adik kos yang selalu memberi doa, dukungan, semangat, hiburan, bantuannya dan masih banyak lagi yang tidak bisa saya sebutkan.

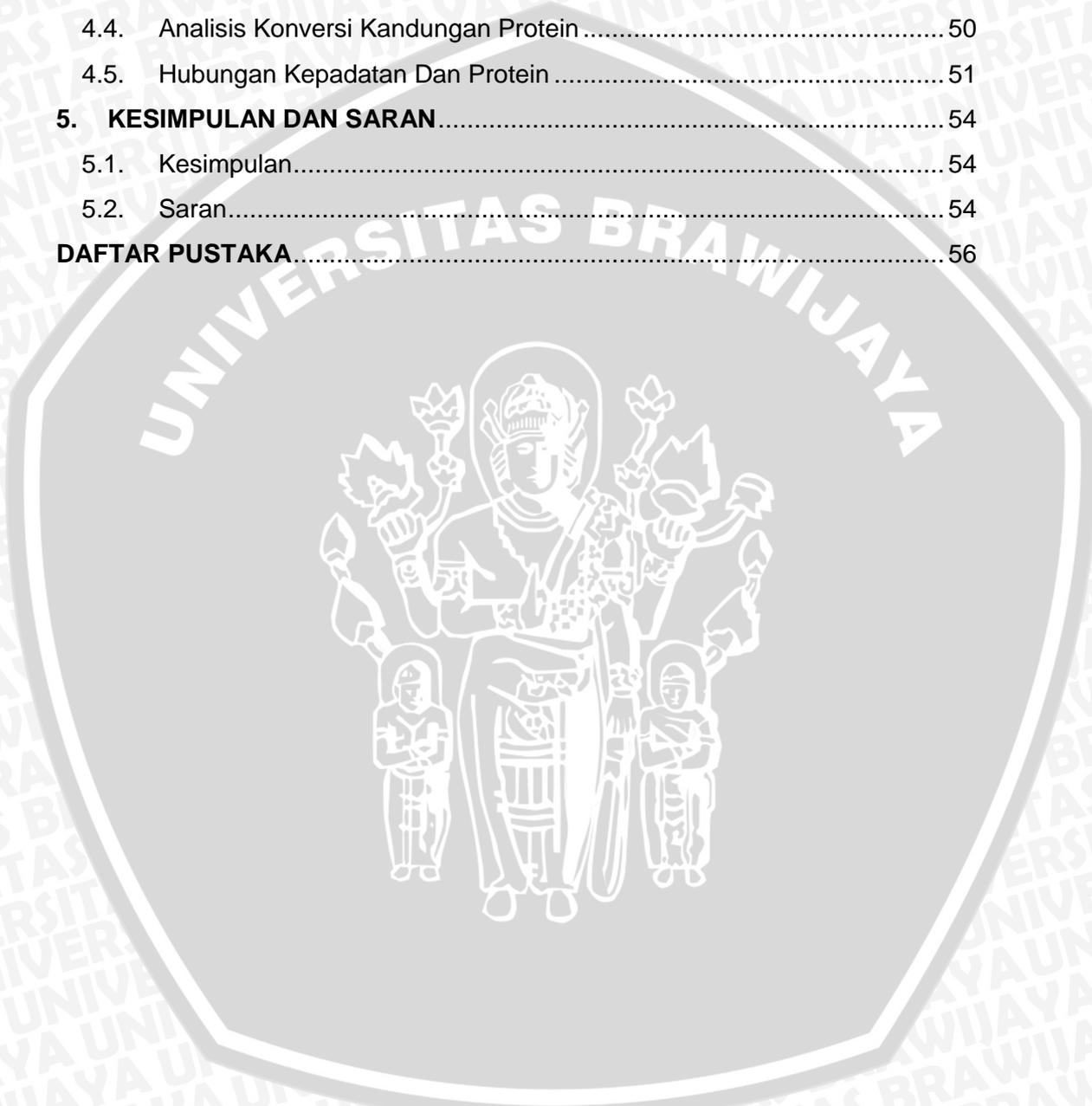
DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
RINGKASAN	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMAKASIH	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Kegunaan Penelitian.....	5
1.5. Hipotesa.....	5
1.6. Waktu dan Tempat.....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Morfologi dan Klasifikasi <i>Spirulina</i> sp.....	6
2.2. Siklus Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp.....	7
2.3. Pupuk.....	9
2.3.1. Pengolongan Pupuk.....	10
2.4. Pupuk Urea.....	10
2.5. Protein.....	11
2.6. Siklus Krebs.....	12
2.7. Mekanisme Penyerapan Nitrogen Pada Pupuk Urea Untuk Kultur.....	14
Alga.....	14
2.8. Kualitas Air.....	18
2.8.1. Suhu.....	18
2.8.2. Salinitas.....	19
2.8.3. Oksigen Terlarut.....	19

2.8.4.	Derajat Keasaman (pH)	20
2.8.5.	Nitrat.....	20
2.8.6.	Orthofosfat.....	21
2.8.7.	Karbon-dioksida (CO ₂).....	22
2.9.	Cahaya	22
2.10.	Aerasi.....	23
3.	MATERI DAN METODE	24
3.1.	Materi Penelitian	24
3.2.	Metode Penelitian	24
3.3.	Rancangan Percobaan	24
3.4.	Alat dan Bahan Penelitian	26
3.4.1.	Alat	26
3.4.2.	Bahan	26
3.5.	Analisis Kadar Protein (AOAC, 2005)	26
3.6.	Prosedur Penelitian	27
3.6.1.	Persiapan toples dan Peralatan Penunjang lainnya	27
3.6.2.	Persiapan Media air Laut	27
3.6.3.	Persiapan Media <i>Spirulina</i> sp	27
3.6.4.	Persiapan bibit <i>Spirulina</i> sp	27
3.6.5.	Pelaksanaan Penelitian (Kultur <i>Spirulina</i> sp.)	28
3.7.	Prosedur pengukuran kualitas air	29
3.7.1.	DO (Oksigen Terlarut) Dengan DO meter yaitu :	29
3.7.2.	Suhu (Standar Nasional Indonesia, 2004)	29
3.7.3.	pH diukur dengan menggunakan pH Pen	30
3.7.4.	Karbon-dioksida (CO ₂).....	30
3.7.5.	Nitrat.....	30
3.7.6.	Orthofosfat.....	31
3.8.	Analisis Data	31
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1.	Parameter Kualitas Air.....	33
4.1.1.	Suhu.....	33
4.1.2.	Salinitas.....	35
4.1.3.	DO.....	37
4.1.4.	Derajat Keasaman.....	38

4.1.5.	Nitrat.....	40
4.1.6.	Fosfat	41
4.1.7.	Karbon-dioksida (CO ₂).....	43
4.2.	Kelimpahan Populasi <i>Spirulina</i> sp.....	44
4.3.	Laju Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp.....	47
4.4.	Analisis Konversi Kandungan Protein.....	50
4.5.	Hubungan Kepadatan Dan Protein.....	51
5.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
5.1.	Kesimpulan.....	54
5.2.	Saran.....	54
	DAFTAR PUSTAKA.....	56



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Tabel Anova Rancangan Penelitian RAL Tersarang	25
Tabel 2. Denah Rancangan Percobaan Acak Lengkap Tersarang.....	26
Tabel 3. ANOVA Sidik Ragam Rancangan Acak Tersarang	32
Tabel 4. Data rata-rata suhu kultur <i>Spirulina</i> sp.	33
Tabel 5. Data rata-rata salinitas (ppt) kultur <i>Spirulina</i> sp.....	35
Tabel 6. Data rata-rata oksigen terlarut (mg/l) kultur <i>Spirulina</i> sp.....	37
Tabel 7. Data rata-rata pH kultur <i>Spirulina</i> sp.	39
Tabel 8. Data Nitrat kultur <i>Spirulina</i> sp.....	40
Tabel 9. Data fosfat(mg/L)	42
Tabel 10. Data Kandungan CO ₂ (mg/L)	43
Tabel 11. Data rata-rata kelimpahan populasi <i>Spirulina</i> sp. (sel/ml).....	44
Tabel 12. Data rata-rata Laju pertumbuhan populasi <i>Spirulina</i> sp. (sel/ml)	47
Tabel 13. Analisis sidik ragam kelimpahan <i>Spirulina</i> sp.....	49
Tabel 14. Uji BNT Perlakuan Dosis Pupuk Terhadap Kepadatan <i>Spirulina</i> sp. ..	49
Tabel 15. Protein <i>Spirulina</i> sp.Per Rantai Per Unit.....	50
Tabel 16. Nilai Protein Total <i>Spirulina</i> sp.	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1 . <i>Spirulina</i> sp. a). Kabinawa, 2006, dan b). Dokumentasi Pribadi.....	6
perbesaran 100x.....	6
Gambar 2. Pola pertumbuhan mikroalga (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).....	8
Gambar 3 . Diagram Siklus Krebs sebagai bagian utama metabolisme penghasil energi	13
Gambar 4. proses dari perombakan Nitrogen menjadi protein	17
Gambar 5. Grafik rata-rata suhu (°C) kultur <i>Spirulina</i> sp.....	34
Gambar 6. Grafik rata-rata Salinitas kultur <i>Spirulina</i> sp.....	35
Gambar 7. Grafik rata-rata Oksigen Terlarut kultur <i>Spirulina</i> sp.	37
Gambar 8. Grafik rata-rata pH Terlarut kultur <i>Spirulina</i> sp.....	39
Gambar 9. Grafik rata-rata Nitrat Terlarut kultur <i>Spirulina</i> sp.	40
Gambar 10. Grafik rata-rata Nitrat Terlarut kultur <i>Spirulina</i> sp.	42
Gambar 11. Grafik rata-rata Karbondioksida Terlarut kultur <i>Spirulina</i> sp.	43
Gambar 12. Grafik rata-rata pertumbuhan populasi <i>Spirulina</i> sp. 10 ⁴ (sel/ml) selama penelitian dengan menggunakan perlakuan dosis pupuk yang berbeda	45
Gambar 13. Fase Kontras Sel <i>Spirulina</i> sp. dengan mikroskop perbesaran 100x	46
Gambar 14. Grafik rata-rata Laju pertumbuhan populasi <i>Spirulina</i> sp.	48
Gambar 15. Grafik Hubungan Kepadatan dan Protein	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. data kelimpahan <i>spirulina</i> sp.....	60
Lampiran 2. Rancangan Acak Lengkap Tersarang Terhadap Kelimpahan <i>spirulina</i> sp. (sel/ml).....	61
Lampiran 3. Laju Pertumbuhan <i>spirulina</i> sp.	64
Lampiran 4. Analisis Pembentukan Protein Per Sel <i>Spirulina</i> sp.....	65
Lampiran 5. Perhitungan Dosis Pupuk	66
Lampiran 6. Pengamatan Suhu Air (°C) Kultur <i>Spirulina</i> sp.....	67
Lampiran 7. Pengamatan pH Air Kultur <i>Spirulina</i> sp.....	68
Lampiran 8. Pengamatan Salinitas Kultur <i>Spirulina</i> sp.....	69
Lampiran 9. Pengamatan DO Kultur <i>Spirulina</i> sp.....	69
Lampiran 10. Pengamatan Nitrat Kultur <i>Spirulina</i> sp.....	70
Lampiran 11. Pengamatan Orthofosfat Kultur <i>Spirulina</i> sp.....	70
Lampiran 12. Pengamatan CO ₂ Kultur <i>Spirulina</i> sp.....	71
Lampiran 13. Dokumentasi Penelitian	72
Lampiran 14. Hasil Uji Protein	74



1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Mikroalga pada umumnya merupakan tumbuhan renik berukuran mikroskopik (diameter antara 3-30 μm) yang termasuk dalam kelas alga dan hidup sebagai koloni maupun sel tunggal di seluruh perairan tawar maupun laut. Morfologi mikroalga berbentuk uniseluler atau multiseluler tetapi belum ada pembagian fungsi organ yang jelas pada sel-sel komponennya. Hal itulah yang membedakan mikroalga dari tumbuhan tingkat tinggi (Amini, 2010) Saat ini pemanfaatan mikroalga laut banyak dilakukan dalam berbagai macam tujuan penelitian diantaranya digunakan sebagai indikator kandungan logam berat dan pakan budidaya bagi larva ikan. Salah satu spesies mikroalga laut yang sering digunakan untuk berbagai tujuan tersebut diantaranya adalah *Spirulina* sp.

Sumber nitrogen pada didapat dari urea, karena urea merupakan sumber nitrogen organik. Nitrogen yang merupakan unsur makronutrien dapat mempengaruhi kegiatan metabolisme sel yaitu proses transportasi, katabolisme, asimilasi, dan khususnya biosintesis protein karena dengan adanya reaksi enzimatik yang dihasilkan oleh protein maka dapat mengkonversi lemak, sehingga secara tidak langsung nitrogen mempengaruhi kandungan lemak. Konsentrasi nitrogen yang rendah dapat meningkatkan kandungan lemak mikroalga, tetapi konsentrasi sel umumnya rendah pada kondisi nitrogen yang sedikit (Takagi 2000).

Menurut Widya (2011), *Spirulina* sp. masuk ke dalam phylum Cyanobacteria, diklasifikasikan sebagai blue-green algae atau blue-green bacteria, salah satu Spesies spirulina yang sering dimanfaatkan sebagai feed supplement yaitu *Spirulina* sp. (juga disebut *Arthrospira platensis*), *Spirulina* sp. juga merupakan sumber protein dengan kandungan antara 55-65%, selain itu

juga mengandung Vitamin B-12, chlorophyll, carotenoids, minerals, gamma-linolenic acid (GLA) dan beberapa pigment, yaitu phycobilins, termasuk C-phycocyanin (C-PC), dan allophycocyanin (Reddy, et al. 2003 dan Li *et al.*,2006). Kandungan protein yang tinggi tersebut berhubungan dengan kualitas asam amino, koefisien pencernaan serta nilai biologis. Spirulina mengandung asam amino esensial, antara lain: leucine (10.9% dari total asam amino), valine (7.5%) dan isoleucine (6.8%). Spirulina platensis mengandung karbohidrat sekitar 13.6%, antara lain: glucose, rhamnose, mannose, xylose and galactose (Shekharam *et al.*, 1987). *Spirulina* sp. tidak mempunyai selulosa pada dinding selnya.

Spirulina sp. merupakan alga hijau berfilamen yang sudah banyak digunakan sebagai sumber pakan alami untuk pembenihan larva udang, ikan dan krustasea karena memiliki nilai nutrisi yang tinggi. Kandungan pada protein *Spirulina* sp. yaitu 60-70%, sekitar 85-95% dari protein tersebut dapat dicerna dengan baik, sedangkan lemaknya cukup rendah yaitu 1,5-12% *Spirulina* sp mengandung bermacam-macam vitamin seperti vitamin B1, B3, B6, B12, pro vitamin A dan vitamin E. *Spirulina* sp. yang digunakan sebagai pakan tambahan pada ikan hias dapat menambah pewarnaan karena pigmen yang terkandung didalamnya. Pigmen tersebut antara lain klorofil (0,08%), beta karoten (0,23%) dan xanthofil (0,12-0,15%). Selain sebagai pakan alami *Spirulina* sp. banyak digunakan sebagai imunostimulan, obat-obatan, kosmetik dan pewarna alam (Borowitzka, 1988). Kelimpahannya dialam disebagian besar perairan Indonesia terbatas, namun penggunaanya cukup luas maka perlu dilakukan kultur *Spirulina* sp. secara berkesinambungan Utomo (2005).

Larva Ikan pada proses awal pembudidayaan membutuhkan nutrisi yang optimal bagi pertumbuhannya. Menurut Nindri (2014), pakan alami dengan kualitas nutrisi yang baik seperti protein, dibutuhkan untuk pertumbuhan bagi

benih-benih ikan, pemenuhan kebutuhan benih ikan akan nutrisi tinggi salah satunya dengan mikroalga seperti *Spirulina* sp. yang banyak digunakan sebagai pakan alami bagi larva ikan dan juga berperan sebagai pakan bagi zooplankton seperti *Brachionus plicatilis*.

Permasalahan utama yang dihadapi dalam penelitian ini dengan yaitu untuk mengkaji seberapa besar kandungan protein pada kultur sel *Spirulina* sp. dengan pemberian pupuk urea. Sari (2005), menyatakan pupuk urea adalah pupuk tunggal, karena pupuk urea hanya mengandung satu unsur saja yaitu nitrogen, yang merupakan hasil penguraian alami protein, baik dari manusia maupun hewan yang dikeluarkan bersama urine, sintesa urea dalam jumlah besar dilakukan langsung melalui amoniak dan karbondioksida ($2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$).

Komposisi hara dalam pupuk urea yaitu nitrogen. Kushartono (2009), menyatakan nitrogen merupakan unsur makro yang bermanfaat untuk merangsang pertumbuhan suatu tumbuhan sehingga dapat berkembang pesat. Jumlah unsur N dalam perairan adalah sebesar $13 \text{ cm}^3/\text{liter}$ air laut. Nitrogen merupakan unsur utama bagi pertumbuhan tanaman karena merupakan penyusun protein dan asam nukleat, dengan demikian merupakan penyusun protoplasma secara keseluruhan (Sarief, 1986). Menurut Round (1973) nitrogen diperlukan sebagai sumber energi dalam proses fotosintesis.

Pemenuhan kebutuhan nutrisi yang cukup untuk medium kultur harus di perhatikan agar *Spirulina* sp. dapat tumbuh dengan baik. Komposisi nutrisi yang lengkap dan tepat dapat menentukan produksi biomassa dan kandungan gizi mikroalga. Kandungan nutrisi *Spirulina* sp. yang lengkap terutama protein yang tinggi menyebabkan *Spirulina* sp. memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber protein (Suminto, 2009). Pemenuhan kebutuhan nutrisi yang cukup untuk medium kultur harus di perhatikan agar *Spirulina* sp.

dapat tumbuh dengan baik. Komposisi nutrisi yang lengkap dan tepat dapat menentukan produksi biomassa dan kandungan gizi mikroalga.

1.2. Rumusan Masalah

Pupuk Urea sendiri merupakan pupuk komersial yang ekonomis dan juga memiliki kandungan Nitrogen yang tinggi mencapai 46%. Apabila pupuk urea terlarut maka akan terbentuk ion amonium (NH_4^+) yang akan diasimilasi oleh mikroalga dan diubah menjadi glutamat sebagai salah satu penyusun asam amino. Penggunaan Pupuk urea dengan dosis yang sesuai diharapkan mampu memberikan solusi sehingga pupuk alternatif yang ekonomis yang dapat digunakan untuk kultur *Spirulina* sp.

Spirulina sp. merupakan salah satu mikroalga laut yang mempunyai kandungan protein yang cukup tinggi. *Spirulina* sp juga merupakan pakan alami bagi larva ikan dan mempunyai peran penting sebagai pakan dari zooplankton, artemia maupun rotifer. Berdasarkan rumusan masalah di atas timbulah pertanyaan sebagai berikut:

- Adakah pengaruh pemberian dosis pupuk urea yang berbeda terhadap kandungan protein kultur sel *Spirulina* sp.

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian skripsi ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian dosis pupuk urea yang berbeda terhadap kandungan protein kultur sel *Spirulina* sp.

1.4. Kegunaan Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai nilai kandungan protein yang terdapat pada sel *Spirulina* sp. sebelum dan setelah pemberian pupuk urea.

1.5. Hipotesa

H_0 : Diduga pemberian pupuk urea tidak memberikan pengaruh terhadap kandungan protein kultur sel *Spirulina* sp.

H_1 : Diduga pemberian pupuk urea memberikan pengaruh terhadap kandungan protein kultur sel *Spirulina* sp.

1.6. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan April 2015 yang bertempat di Laboratorium Lingkungan, bioteknologi perairan dan Laboratorium Reproduksi Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan Fakultas Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Morfologi dan Klasifikasi *Spirulina* sp.

Spirulina sp. adalah mikroalga bersel tunggal termasuk golongan cyanobacterium mikroskopik berfilamen *Spirulina* sp. memiliki lebar spiral antara 26-36 μm dan panjang spiralnya antara 43-57 μm . Terdapat sejarah yang panjang dalam penggunaan sebagai makanan bahkan dilaporkan sejak zaman Aztec. *Spirulina* sp. merupakan biomassa yang dikeringkan dari *Arthrospira platensis*, suatu bakteri yang dapat berfotosintesis dan ditemukan di seluruh dunia baik pada air tawar maupun air laut. *Spirulina* sp. dapat berkoloni pada lingkungan yang ekstrim yang tidak cocok untuk organisme lain (Yudiati, 2011). Menurut Kabinawa (2006), secara garis besar *Spirulina* sp. dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Divisi : Chyanophyta

Klas : Cyanophyceae

Ordo : Nostacales

Famili : Oscillatoriaceae

Marga : *Spirulina* sp.



a.

b.

Gambar 1 .*Spirulina* sp. a). Kabinawa, 2006, dan b). Dokumentasi Pribadi perbesaran 100x

Mikroalga *Spirulina* sp. merupakan mikroorganisme dengan tingkat organisasi selnya termasuk ke dalam tumbuhan tingkat rendah Mikroalga ini

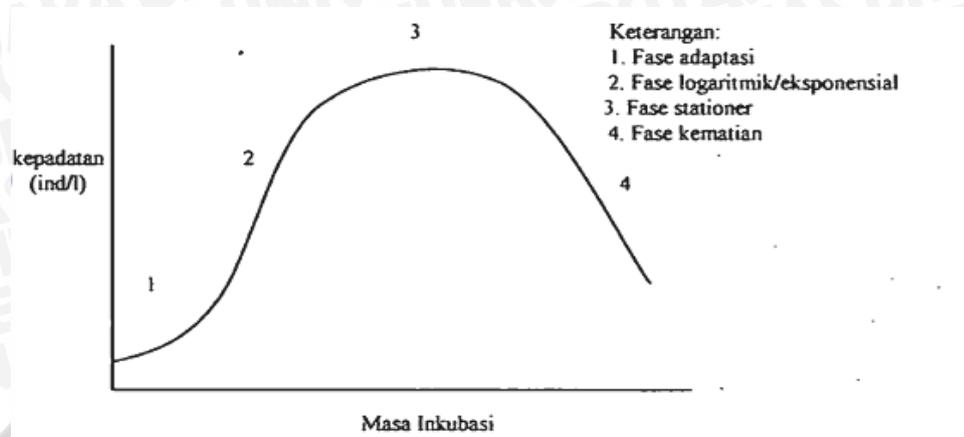
dikelompokkan ke dalam Filum Talofita karena tidak memiliki akar, batang, dan daun sejati (Semu) Namun mikroalga ini memiliki zat warna hijau daun (pigmen klorofil) yang mampu melakukan fotosintesis dengan menggunakan air (H_2O), karbondioksida (CO_2) dan sinar matahari yang mampu mengubah energi kinetik menjadi energi kimiawi dalam bentuk biomassa atau karbohidrat. Bentuk sel mikroalga *Spirulina* sp. memanjang seperti benang, bercabang umumnya disebut fitoplankton. Fitoplankton merupakan plankton yang berklorofil dan hanya dapat dilihat dengan bantuan mikroskop (Sugiyono dan Amini, 2008).

Spirulina sp. merupakan salah satu jenis mikroalga yang mempunyai sifat kosmopolit dapat dibudidayakan pada medium yang berbeda. Menurut (Sumiarsa *et al.*, 2011) *Spirulina* sp. dapat tumbuh pada media limbah. Di India *Spirulina* sp. telah berhasil ditumbuhkan dalam media limbah domestik dan kemudian dijadikan pakan ikan dan binatang lain yang pada tahap selanjutnya menjadi sumber protein bagi manusia.

2.2. Siklus Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Pertumbuhan *Spirulina* sp. mengikuti pola pertumbuhan normal, yaitu melalui fase lag, fase eksponensial, fase stasioner, fase penurunan pertumbuhan dan fase kematian (Gambar 1). Pada fase awal terjadi pertumbuhan yang lambat karena alokasi energi dipusatkan untuk penyesuaian terhadap media kultur dan untuk pemeliharaan sehingga hanya sebagian kecil bahkan tidak ada energi yang digunakan untuk pertumbuhan. Setelah hari ke-3 terjadi pertumbuhan yang sangat cepat yang ditandai dengan meningkatnya jumlah sel pada populasi. Setelah pertumbuhan sel mencapai puncak, maka tidak terjadi penambahan jumlah sel lagi karena laju pertumbuhan seimbang dengan laju kematian (fase stasioner). Fase berikutnya adalah penurunan pertumbuhan yang ditandai dengan menurunnya jumlah sel. Pertumbuhan populasi terus berkurang seiring

dengan waktu kultur dan laju kematian lebih tinggi dari laju pertumbuhan (fase kematian). (Utomo, 2005).



Gambar 2. Pola pertumbuhan mikroalga (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995)

Selama pertumbuhannya mikroalga dapat mengalami beberapa fase pertumbuhan (Isnansetyo dan kurniastuty, 1995), yaitu:

1. Fase Lag (istirahat)

Fase ini diawali setelah penambahan inokulum pada media kultur. Pada fase ini peningkatan paling signifikan terlihat pada ukuran sel karena secara fisiologis mikroalga menjadi sangat aktif. Proses sintesis protein baru juga terjadi pada fase ini. Metabolisme berjalan tetapi pembelahan sel belum terjadi sehingga kepadatan sel belum meningkat karena mikroalga masih beradaptasi dengan lingkungan barunya.

2. Fase Logaritmik (log) atau Eksponensial

Fase ini dimulai dengan pembelahan sel dengan laju pertumbuhan yang meningkat secara intensif. Bila kondisi kultur optimum maka laju pertumbuhan pada fase ini dapat mencapai nilai tertinggi dan pola laju pertumbuhan dapat digambarkan pada kurva logaritmik.

3. Fase Penurunan Laju Pertumbuhan

Pembelahan sel tetap terjadi pada fase ini, ini tidak seintensif fase sebelumnya, sehingga laju pertumbuhan juga mengalami penurunan dibandingkan fase sebelumnya.

4. Fase Stasioner

Pada fase ini laju reproduksi dan laju kematian relatif sama. Penambahan dan pengurangan jumlah mikroalga seimbang sehingga kepadatannya relatif tetap (stasioner).

5. Fase Kematian

Pada fase ini ditandai dengan laju kematian yang lebih besar dari pada laju reproduksi sehingga jumlah sel mengalami penurunan. Penurunan kepadatan sel fitoplankton ditandai dengan perubahan kondisi optimum yang dipengaruhi oleh temperatur, cahaya, pH medium, dan beberapa faktor lain yang saling terkait satu sama lain.

Menurut (Isnansetyo dan Kurniasuty, 1995) yang menjelaskan bahwa waktu penggandaan yang tercepat biasanya tercapai ketika fase eksponensial, yaitu fase pertumbuhan ketika sel-sel membelah dengan cepat dan konstan mengikuti kurva logaritmik. Pada fase tersebut pertumbuhan dan aktivitas sel berada dalam keadaan maksimum, sehingga pada umur tersebut sel berada dalam keadaan pertumbuhan aktif dan memiliki waktu adaptasi yang pendek selama proses kultur.

2.3. Pupuk

Pupuk merupakan suatu bahan yang diberikan sehingga dapat mengubah keadaan fisik, kimiawi, dan hayati dari tanah sehingga sesuai dengan tuntutan pemupukan. Pemupukan adalah setiap usaha pemberian pupuk yang bertujuan menambah persediaan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh

tanaman untuk peningkatan produksi dan mutu hasil panen (Sarief, 1989), selanjutnya menurut Subarijanti (2005), pemupukan selain bermaksud menambahkan unsur-unsur hara untuk pertumbuhan alga sebagai pakan alami juga bermaksud agar dicapai kondisi media yang baik untuk pertumbuhan pakan alami secara maksimal. Keberhasilan pemupukan ini tentu saja tergantung kepada teknik pengelolannya baik tanah kolam, atau tambak maupun waktu dan dosis pupuk yang diberikan.

2.3.1. Pengolongan Pupuk

Menurut Sutedjo (2008), berdasarkan pembuatannya pupuk dibagi menjadi :

- Pupuk alam (organik), yaitu pupuk yang tidak dibuat dipabrik. Pupuk ini dicirikan dengan kelarutan unsur haranya yang rendah di dalam tanah. Biasanya penggunaan pupuk ini ditujukan untuk memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah. Meskipun unsur hara rendah, akan tetapi bila sifat fisik telah diperbaiki maka sifat kimianyaapun bisa berubah.
- Pupuk buatan (pupuk anorganik), yaitu yang dibuat di pabrik. Umumnya kandungan unsur hara dankelarutannya tinggi. Berguna untuk memperbaiki sifat kimia tanah.

2.4. Pupuk Urea

Urea sendiri merupakan pupuk tunggal, yaitu pupuk karena hanya mengandung satu unsur saja, yaitu nitrogen, yang merupakan hasil penguraian alami protein, baik dari manusia maupun hewan yang dikeluarkan bersama urin. Sintesa urea dalam jumlah besar langsung melalui amoniak dan karbondioksida ($2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$). Amini (2005).

Pupuk urea merupakan sumber nitrogen organik. Nitrogen yang merupakan unsur makronutrien yang akan mempengaruhi kegiatan metabolisme

sel yaitu proses transportasi, katabolisme, asimilasi, dan khususnya biosintesis protein karena dengan adanya reaksi enzimatik yang dihasilkan oleh protein sehingga dapat mengkonversi lemak, sehingga secara tidak langsung nitrogen mempengaruhi kandungan lemak. Konsentrasi nitrogen yang rendah dapat mempertinggi kandungan lemak mikroalga, tetapi konsentrasi sel umumnya rendah pada kondisi nitrogen yang sedikit. (Hermanto, 2011).

Sedangkan menurut (Amanantin, 2013) Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) merupakan pupuk komersial yang ekonomis serta memiliki kandungan Nitrogen yang tinggi mencapai 46%. Apabila urea terlarut akan terbentuk ion amonium (NH_4^+) yang akan diasimilasi oleh mikroalga dan diubah menjadi glutamat sebagai salah satu penyusun asam amino. Pengaruh pupuk urea sebagai sumber nitrogen dalam kultur mikroalga telah diaplikasikan pada *Scenedesmus* sp.

2.5. Protein

Protein merupakan jenis makronutrien yang paling mahal dibandingkan dengan jenis makro-nutrien lainnya seperti lemak dan karbohidrat. Sementara itu, ikan membutuhkan kandungan protein dalam pakan dalam tingkat yang jauh lebih tinggi dibandingkan ke dua jenis makro-nutrien lainnya. Dibandingkan dengan jenis hewan darat lainnya, baik mamalia maupun burung, ikan juga membutuhkan protein pakan yang jauh lebih tinggi. Padahal, protein merupakan sumber pencemar lingkungan yang sangat potensial dan berbahaya bilamana penggunaannya dalam sistem budidaya tidak tepat. Oleh karena itu, pemahaman akan protein serta kebutuhannya oleh ikan sangat diperlukan agar pemanfaatannya oleh ikan dapat menjadi lebih efisien dan dengan harga pembuatannya yang lebih ekonomis (Subandiyono, 2009). Sedangkan Nikmatul, (2009) menyatakan Protein merupakan salah satu zat gizi yang bersumber sebagai energi dan berfungsi sebagai zat pembangun karena

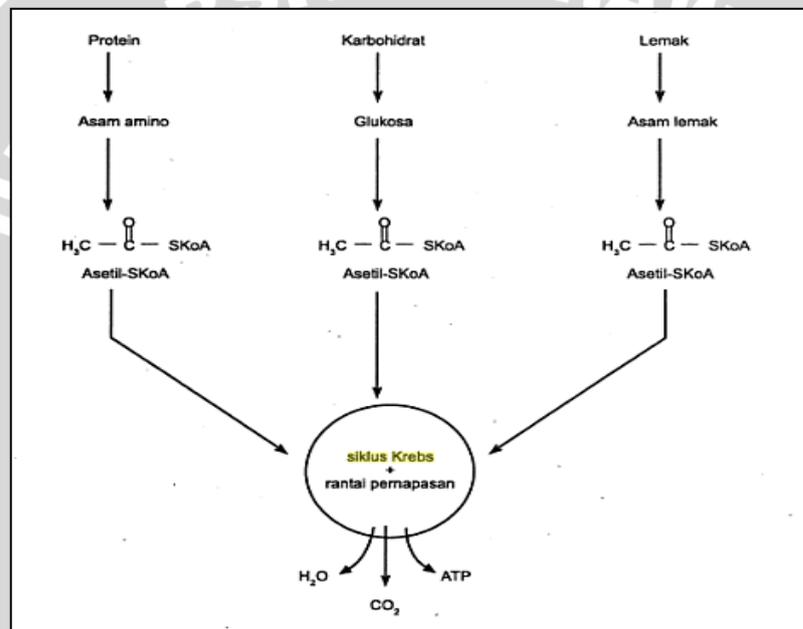
komponen utama sel tubuh adalah protein, komposisi rata-rata unsur kimia penyusun protein diantaranya adalah karbon 50 %, hidrogen 7 %, oksigen 23 %, nitrogen 16%, belerang 0-3% dan fosfor sebesar 0-3 %.

Senyawa-senyawa organik yang terbentuk dari ikatan-ikatan asam amino kemudian dikatakan bahwa asam amino karena dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan kebutuhan serta dapat tidaknya disintesa didalam tubuh yaitu asam amino esensial yang tidak dapat disintesa dalam tubuh tetapi diperlukan serta asam amino non esensial. (Thomas *et al.*, 2005).

2.6. Siklus Krebs

Siklus Krebs merupakan proses utama kedua dalam reaksi pernafasan sel. Siklus Krebs ini ditemukan oleh Hans Krebs pada tahun (1900-1981). Reaksi pernafasan sel tersebut disebut juga sebagai daur asam sitrat atau daur asam trikarboksilat. Siklus Krebs disebut juga Siklus Asam Sitrat, karena senyawa pertama yang terbentuk yaitu asam sitrat, selain itu Siklus Krebs disebut juga dengan Siklus Asam Trikarboksilat (-COOH) karena hampir pada tahap awal Siklus Krebs senyawanya tersusun dari asam trikarboksilat (-COOH). Siklus Krebs merupakan rangkaian dari oksidasi gugus asetil dan reduksi koenzim teroksidasi melalui rantai transport elektron yang berhubungan dengan pembentukan ATP yang berlangsung di mitokondria. Siklus Krebs merupakan jalur bersama terakhir untuk oksidasi karbohidrat, lemak, dan protein karena glukosa, asam lemak, dan sebagian besar asam amino dimetabolisme menjadi asetil ko-A atau zat-zat antara siklus ini. Siklus ini juga berperan sentral dalam glukoneogenesis, lipogenesis, dan interkonversi asam-asam amino.^{2,3,4} Proses terjadinya Siklus Krebs dimulai pada saat mengkonsumsi karbohidrat di dalam mulut, kemudian akan dicerna menjadi maltose oleh ptialin yang hasil akhirnya adalah glukosa di dalam duodenum. Glukosa tersebut akan masuk ke sel

mengalami glikolisis yang menghasilkan asam piruvat jika suasana sitoplasma dalam suasana aerob. Asam piruvat akan meneruskan proses perubahan menjadi Asetil ko-A dalam Pra Siklus Krebs (dekarboksilasi oksidatif), begitu juga pada lipid yang kemudian menjadi asam lemak dan gliserol. Asam lemak dipecah menjadi Asetil ko-A mengalami proses yang namanya lipolisis. Protein diubah menjadi asam amino kemudian menjadi Asetil ko-A pada awal Siklus Krebs tersebut. (Jamal, 2014). Proses terjadinya siklus krabs dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 3 . Diagram Siklus Krebs sebagai bagian utama metabolisme penghasil energi (Sumber, Buku Pengantar Kimia, Sumardjo D, 2009)

Siklus Krebs bukan merupakan jalur utama metabolisme karbohidrat, melainkan merupakan jalur utama metabolisme protein dan lemak. Karbohidrat makanan akan diubah menjadi glukosa, kemudian mengalami glikolisis sehingga terbentuk asetil- SkoA. Protein dibongkar menjadi asam-asam alfa amino. Beberapa asam amino ini dapat diubah menjadi asetil-SkoA melalui jalur yang rumit. Lemak akan dihidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak. Asam lemak terbentuk mengalami proses beta-oksidasi menjadi molekul asetil-SkoA, baik

yang berasal dari karbohidrat, lemak, dan protein, masuk ke dalam siklus krebs dan rantai pernafasan untuk dioksidasi menjadi karbondioksida, air, dan energi ATP melalui beberapa tahap reaksi yang kompleks. (Sumardjo, 2009)

2.7. Mekanisme Penyerapan Nitrogen Pada Pupuk Urea Untuk Kultur Alga

Alga merupakan salah satu jenis tumbuhan. Selayaknya tumbuhan alga juga memiliki mekanisme penyerapan unsur hara dalam hal ini unsur N dalam perairan. Pada penelitian ini alga memperoleh unsur N dari penambahan pupuk urea dalam perairan. Menurut Suranta (2012) menyatakan tanaman dapat menyerap unsur hara melalui akar atau daun. Unsur C dan O didapat dari udara sebagai CO₂ melalui stomata daun untuk proses fotosintesis. Unsur Hara diserap melalui akar dari air tanah (H₂O) namun dalam jumlah sedikit H diserap melalui daun. Unsur-unsur hara lain diserap melalui akar tanaman dari tanah. Walaupun demikian banyak unsur hara bila dimasukkan sebagai larutan akan diserap oleh daun. Tanaman menyerap unsur hara dalam bentuk ion.

Pada penelitian ini pupuk yang digunakan pada kultur sel *Spirulina* sp. adalah pupuk urea. Pupuk urea digunakan karena memiliki kandungan N yang tinggi sebesar 46%. Agustia (2011) menyatakan bahwa urea merupakan senyawa organik, tidak bermuatan listrik, titik leleh sebesar 132,7°C, panas leleh ±60 kal/gram, titik didih dalam air 115°C, berbentuk butiran berwarna putih, rumus kimianya CO(NH₂)₂ secara fisika dan kimiawi urea merupakan pupuk netral, tidak menyebabkan tanah menjadi asam, dan urea juga bersifat higroskopis (mudah menarik uap air).

Transportasi nutrisi yang terjadi pada alga dengan pemberian pupuk urea melewati membran sel. Pada mekanisme masuknya nutrisi ke sel alga terdapat proses transpor aktif. Transpor aktif terdiri dari endositosis dan eksositosis. Pada alga transpor nutrisi ke dalam sel menggunakan mekanisme

endositosis. Mekanisme endositosis menurut Nuraini dan Sugiwati (2009) dibagi menjadi tiga tahap yaitu, fagositosis, pinositosis, dan endositosis yang diperantai dengan reseptor. Tahap fagositosis adalah di mana makromolekul protein dari cairan di luar sel ke dalam sel ditelan oleh psudopod dengan membungkus makromolekul tersebut dengan cara melekkukan sebagian dari membran sel ke dalam sehingga membentuk seperti kantong. Kantong yang terbentuk kemudian melepaskan diri dari bagian luar membran dan membentuk vakuola di dalam sitoplasma. Kemudian tahap pinositosis adalah mekanisme yang digunakan sel untuk mencerna cairan ekstraseluler dan isinya di mana lisosom menyatu dengan vakuola endositik lalu isi dari organel tersebut menjadi satu membentuk lisosom sekunder. Pada akhirnya, enzim-enzim lisosom akan mencerna makromolekul menjadi bahan yang dapat larut seperti, asam amino, gula, dan nukleotida. Terakhir adalah tahap endositosis yang diperantai dengan reseptor di mana yang tertanam dalam membran adalah protein dengan tempat reseptor spesifik yang dipaparkan pada fluide ekstraseluler.

Pembentukan protein dalam sel alga dimulai dari N yang berasal dari penambahan pupuk urea pada perairan ke dalam sel melalui stomata. Pupuk urea yang mudah larut dalam air kemudian diabsorpsi oleh alga dengan cara menembus membran sel dengan cara difusi. Alga tidak bisa langsung menyerap N secara langsung. Maka dari itu, pada alga unsur N harus diubah terlebih dahulu menjadi nitrat dan ammonium. Affandi (2003) menjelaskan bahwa unsur N diubah dalam bentuk nitrat dan amonium digunakan untuk membentuk asam amino, klorofil, dan protein. Proses penyerapan nitrat diawali dengan terserapnya nitrat oleh membran plasma pada alga, kemudian nitrat masuk ke sitoplasma. Nitrat yang telah masuk ke sitoplasma tidak dapat langsung membentuk asam amino dan protein namun harus dikonversi terlebih dahulu menjadi ammonium dengan bantuan enzim nitrate reductase. Penyerapan ammonium dapat

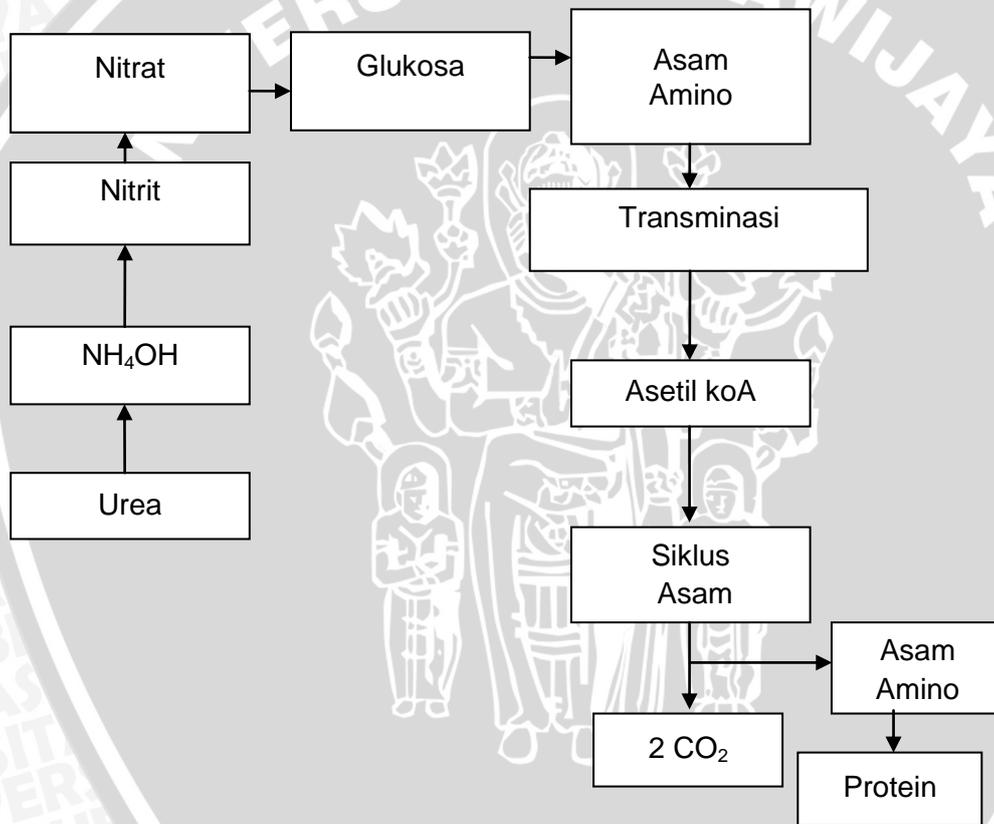
langsung memproduksi asam amino dan protein. Oleh karena itu, jumlah nitrat yang diserap oleh alga dipengaruhi oleh jumlah ammonium yang dihasilkan enzim nitrate reductase.

Nitrogen masuk ke tumbuhan berupa nitrat (NO_3^-) atau ammonium (NH_4^+). Engelstad (1985) menyatakan bahwa unsur NO_3^- dan NH_4^+ di dalam tanaman digabungkan dengan kerangka C untuk membentuk 100 asam-asam amino yang berbeda. Asam-asam amino tersebut mengandung N dalam bentuk NH_2 dengan pengikat N pada C alfa dari suatu asam organik. Sekitar 20 dari asam-asam amini yang berbeda tersebut kemudian digabungkan ke dalam rantai panjang yang disebut rantai polipeptida. Oleh karena itu, rasio dari asam-asam amino yang berbeda dalam rantai tersebut diatur oleh informasi genetik yang terkandung dalam asam-asam nukleat dalam tanaman. Rantai polipeptida kemudian terlipat, tergulung, terangkai silang dan termodifikasi dengan cara-cara yang lain untuk membentuk protein.

Protein merupakan suatu polipeptida yang mempunyai bobot molekul yang bervariasi sehingga akan menghasilkan asam amino (Poedjadi, 1994). Protein dalam tumbuhan dihasilkan dari CO_2 , H_2O , dan senyawa nitrogen. Nitrogen merupakan nutrisi yang dibutuhkan paling banyak untuk pertumbuhan fitoplankton yaitu sebagai unsur penting dalam pembentukan protein. Mekanisme pembentukan protein dalam sel yaitu dimulai dari masuknya pupuk urea ke dalam sel. Pupuk urea sendiri merupakan pupuk yang mudah diabsorpsi oleh mikroalga dan juga mudah larut di dalam air. Air tersebut akan membawa pupuk menembus membran sel dengan lebih cepat karena adanya pergerakan air menembus membran sel disebabkan oleh difusi.

Nitrogen merupakan sumber nitrogen organik. Nitrogen yang merupakan unsur makronutrien yang dapat mempengaruhi kegiatan metabolisme sel yaitu proses transportasi, katabolisme, asimilasi, dan khususnya biosintesis protein

karena dengan adanya reaksi enzimatik yang dapat dihasilkan oleh protein maka dapat mengkonversi lemak, sehingga secara tidak langsung nitrogen mempengaruhi kandungan lemak. (Bagus, 2011). Nitrogen yang masuk ke perairan tidak dapat langsung diserap oleh sel alga. Nitrogen yang masuk ke sel alga harus dirombak terlebih dahulu menjadi ammonium dan nitrat. Setelah dirombak menjadi ammonium dan nitrat nitrogen baru dapat diserap oleh stomata alga. Alur perombakan nitrogen menjadi protein dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4. proses dari perombakan Nitrogen menjadi protein

Salah satu senyawa nitrogen yang penting bagi mikroalga adalah senyawa nitrat. Nitrat merupakan sumber nitrogen yang penting bagi fitoplankton baik di air laut maupun di air tawar (Taw, 1990). Nitrat merupakan bentuk dari nitrogen di perairan yang bersifat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Nitrat

diperoleh dari proses oksidasi sempurna dari senyawa oksigen di perairan. Kadar nitrat–nitrogen pada perairan hampir tidak pernah lebih dari 0,1 mg/liter sehingga menggambarkan terjadinya eutrofikasi di perairan (Effendi, 2003).

Nitrogen merupakan salah satu unsur yang terpenting pada pertumbuhan fitoplankton sebagai penghasil asam amino dan penyusun protein (Campbell *et al.*, 2003; Suminto, 2009). Kandungan nitrogen yang tinggi dalam NaNO_3 pada media tumbuh fitoplankton dapat menghasilkan fitoplankton yang memiliki 18 kandungan protein yang tinggi (Suminto, 2009). Reynolds (2006) menjelaskan bahwa nitrogen merupakan unsur gas dibutuhkan dalam jumlah terbatas pada ekologi dan pertumbuhan fitoplankton setelah asam amino. Apabila fitoplankton mengalami kekurangan nitrogen dalam NaNO_3 akan mengakibatkan rendahnya jumlah protein. Pada proses sintesis asam amino nitrogen diperlukan sebagai penyusun protein dalam sel (Colla *et al.*, 2005 dalam Suminto, 2009).

2.8. Kualitas Air

Untuk pertumbuhan dan perkembangan plankton harus mengadaptasikan diri pada lingkungannya terlebih dahulu, setelah itu baru memperbanyak diri. Selain itu adanya nutrisi yang tersedia dalam jumlah yang cukup memberi kemungkinan populasi fitoplankton untuk dapat tumbuh dengan maksimal. Maka dari itu diperlukan kualitas air yang layak dan baik agar populasi fitoplankton tumbuh dengan baik.

2.8.1. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor abiotik yang sangat penting dalam menunjang kelangsungan hidup organisme perairan. Oleh karena itu adanya perubahan suhu air akan berakibat buruk terhadap organisme perairan. Perubahan suhu air yang lebih tinggi dari suhu ambang batas atas (upper lethal

limit) atau lebih rendah dari ambang batas bawah (lower lethal limit) akan mengakibatkan kematian massal organisme. (Hutagalaung,1988).

Menurut Simanjuntak (2009) Pengaruh suhu secara langsung terhadap plankton adalah meningkatkan reaksi kimia sehingga laju fotosintesis meningkat, sedangkan Pengaruh suhu tidak langsung adalah berkurangnya kelimpahan plankton akibat suhu semakin menurun dan kerapatan air semakin meningkat seiring bertambahnya kedalaman perairan.

2.8.2. Salinitas

Salinitas berpengaruh terhadap organisme air dalam mempertahankan tekanan osmotiknya. Kebanyakan alga memperlihatkan terjadinya hambatan proses fotosintesis setelah dipindahkan pada medium dengan salinitas yang lebih tinggi atau tekanan osmotik yang lebih tinggi. Dengan adanya salinitas air medium yang sesuai dengan suhu yang optimal maka pertumbuhan *spirulina* sp. semakin meningkat, hal ini dapat dilihat dari grafik pertumbuhannya. Sedangkan salinitas yang optimal untuk pertumbuhan *spirulina* sp. adalah berkisar antara 15-20 ‰. (Haryati, 2008).

Sedangan menurut Indrastuti (2014). Salinitas pada skala laboratorium yang baik yaitu berkisar antara 20-28 ppt salinitas air medium yang sesuai dengan suhu yang optimal maka pertumbuhan *Spirulina* sp. dapat berlaju dengan baik, hal ini dapat dilihat dari grafik pertumbuhannya.

2.8.3. Oksigen Terlarut

CO₂ dimanfaatkan oleh mikroalga untuk fotosintesis saat terdapat energi cahaya dan menghasilkan O₂ yang digunakan oleh bakteri untuk metabolisme. Metabolisme mikroalga dapat mengalami perubahan saat bahan organik didalam perairan tinggi dan terjadi keterbatasan karbon inorganik. Mayoritas mikroalga adalah mikroalga fotoautotrof, namun saat salah satu dari dua kondisi tersebut

terjadi akan menyebabkan perubahan metabolisme menjadi fotoheterotrof atau miksotrof. (Ratri, 2013).

CO₂ digunakan sebagai karbon source yang digunakan sebagai fotosintesis atau metabolisme. CO₂ yang optimal untuk pertumbuhan mikroalga yaitu sekitar 5-10 %. Selain karbon dioksida, oksigen juga diperlukan untuk proses respirasi mikroorganisme. Walaupun dari reaksi fotosintesis dihasilkan oksigen, mikroorganisme tidak dapat berfotosintesis jika tidak terdapat cahaya sebagai sumber energi sehingga membutuhkan juga udara dari luar sebagai sumber oksigen pada proses respirasi. (Wijoseno, 2011).

2.8.4. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman merupakan salah satu parameter kimia yang cukup penting dalam menjaga kestabilan dalam perairan. Perubahan nilai pH dalam perairan terhadap organisme akuatik mempunyai batasan tertentu dengan nilai pH yang bervariasi, tergantung pada suhu air laut, konsentrasi oksigen terlarut dan adanya anion dan kation (Pescod, 1978).

pH merupakan faktor yang penting untuk pertumbuhan alga hijau biru. Kebanyakan alga hijau biru tumbuh baik pada pH netral dan akan mentolerir kondisi basa dari pada kondisi asam karena alga maupun memanfaatkan karbon dioksida dengan efisien walau tersedia pada konsentrasi yang sangat rendah. *Spirulina* sp. mampu menggunakan ion bikarbonat sebagai sumber karbon untuk fotosintesis. pH diatas 10,5 atau kurang dari 7 dapat menghambat pertumbuhan *spirulina* sp. ketidaksesuaian pH akan mengakibatkan lisis dan dapat mengubah bentuk pertumbuhan pigmen. (Haryati, 2008).

2.8.5. Nitrat

Spirulina sp. membutuhkan makronutrien (N, P, S, K, Si dan Ca) dan mikronutrien serta kandungan nitrat optimum (0,9 -3,5 mg/l) untuk menunjang

kehidupan dan pertumbuhannya (Becker, 1995; Andersen, 2005). Mikronutrien seperti Fe, Mo, Cu, Ca, Mn, Zn, Co (Andersen, 2005) dibutuhkan dalam jumlah yang lebih kecil tetapi harus ada dalam budidaya *Spirulina* sp.. Agar mikronutrien tetap larut dalam media diperlukan chelator berupa EDTA (Etilen Diamin Tetra Asetat Acid). Selain itu mikroalga juga memerlukan mikronutrien organik berupa unsur vitamin yang menunjang pertumbuhannya, antara lain Cobalamin (B12), Thiamin (B1) dan biotin (widianingsih, 2008).

Pesatnya pertumbuhan fitoplankton berhubungan dengan faktor nutrisi yang terdapat di lingkungannya. Secara umum fitoplankton membutuhkan nutrisi yang tergolong sebagai unsur makro dan unsur mikro. Adapun unsur makro meliputi kebutuhan akan nitrat dan fosfat sebagai dasar nutrisi utama disamping unsur- unsur mikro (Myrna, 2010).

2.8.6. Orthofosfat

Fosfor merupakan salah satu nutrisi utama yang sangat penting dalam pertumbuhan tanaman. Fosfor tidak terdapat secara bebas di alam. Fosfor ditemukan sebagai fosfat dalam beberapa mineral, tanaman dan merupakan unsur pokok dari protoplasma. Fosfor terdapat dalam air sebagai ortofosfat. Sumber fosfor alami dalam air berasal dari pelepasan mineral-mineral dan biji-bijian (Bausch, 1974).

Fosfor diperairan terbagi menjadi tiga bentuk, yaitu Orthoposfat, Metaphosfat dan Polyphosfat. Namun hanya Orthoposfat yang dapat dimanfaatkan oleh algae. Fosfor merupakan unsur esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan algae. Kadar Fosfat pada perairan alami berkisar antara 0,005-0,02 mg/l. Kadar fosfor total pada perairan alami jarang melebihi 1 mg/l, berdasarkan kadar ortofosfat, perairan diklasifikasikan menjadi 3 yaitu Oligotrofik

dengan kadar fosfat 0,003-0,001, Mesotrofik dengan kadar fosfat 0,01-0,02, Eutrofik dengan kadar fosfat 0,031-0,1 (Effendi,2003).

2.8.7. Karbondioksida (CO₂)

Karbon dioksida adalah senyawa kimia yang terbentuk dari 1 atom karbon dan 2 atom oksigen (CO₂), mudah larut dalam air dingin, tidak berbau dan tidak berwarna. Karbon dioksida termasuk gas yang reaktif dan banyak terdapat dalam air laut. Karbondioksida yang terdapat dalam air laut umumnya berasal dari udara melalui proses difusi, terbawa oleh air hujan, hasil proses respirasi mikroorganisme dan dari hasil penguraian zat-zat organik oleh mikroorganisme. Dalam air laut, senyawa karbon dioksida terdapat dalam bentuk ion dan bentuk molekul. Dalam bentuk ion adalah ion bikarbonat (HCO₃) dan karbonat (CO₃) sedangkan dalam bentuk molekul adalah molekul karbondioksida bebas (CO₂) dan asam karbonat (H₂CO₃) (Susana, 1988).

Gas-gas yang terdapat dalam udara antara lain oksigen, karbondioksida, dan ozon. Gas CO₂ dalam udara murni berjumlah 0,03%, bila terlalu tinggi dapat mengganggu pernapasan (Rahmi, *et al.*, 2010).

2.9. Cahaya

Peran cahaya pada fotosintesis yaitu membantu menyediakan energi yang akan diubah menjadi energi kimia dengan bantuan klorofil. Proses fotosintesis dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor baik eksternal maupun internal. Faktor eksternal yang mungkin mempengaruhi adalah cahaya, karbondioksida, air dan juga suhu sedangkan faktor internal yang mungkin mempengaruhi proses fotosintesis diantaranya struktur sel, kondisi klorofil, dan produk fotosintesis serta enzim-enzim dalam daun atau organ fotosintesis. Seperti tumbuhan lainnya. Menurut Ekawati (2005) cahaya merupakan sumber energi sebagai suatu proses fotosintesis, maka dari itu intensitas cahaya mempunyai

peran yang penting, keutuhannya sangat besar tergantung kedalaman budidaya dan kepadatan budidaya alga. Cahaya dapat berasal dari alam atau dari lampu. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi akan menghambat proses fotosintesis, maka dari itu hal-hal tersebut harus dihindari.

2.10. Aerasi

Aerasi mempengaruhi kadar oksigen terlarut pada kultur. Karena prinsip aerasi adalah mentransfer oksigen dari udara agar terlarut dalam air. Sehingga secara menyeluruh aerasi dapat meningkatkan oksigen dalam air dan mampu menguapkan senyawa atau bahan yang menyebabkan bau atau rasa yang tidak diinginkan perairan (Pradana, 2012).



3. MATERI DAN METODE

3.1. Materi Penelitian

Materi pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk Urea terhadap laju pertumbuhan sel *Spirulina* sp. Adapun pupuk yang digunakan antara lain adalah pupuk Urea.

3.2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen atau percobaan. Menurut Hanafiah (2008), percobaan adalah suatu tindakan coba-coba "trial" yang dirancang untuk menguji dari hipotesis yang diajukan. Percobaan merupakan suatu alat penelitian yang digunakan untuk menyelidiki sesuatu yang belum diketahui atau untuk menguji suatu teori atau hipotesis.

3.3. Rancangan Percobaan

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Tersarang karena dalam penelitian semua kondisi baik bahan, media maupun lingkungannya dibuat sehomogen mungkin (Hanafiah, 2008). Pada penelitian ini menggunakan 3 kali pengulangan. Adapun dosis yang digunakan pada setiap perlakuan adalah sebagai berikut : 80 ppm (868 mg), 100 (1086.5 mg), 120 ppm (1300 mg).

Penelitian ini menggunakan RAL (rancangan acak lengkap) Tersarang. Rancangan Tersarang merupakan suatu eksperimen dengan sifat bahwa taraf faktor yang satu tersarang di dalam faktor lain, sehingga tidak akan ada interaksi antara dua faktor. Rancangan Acak Lengkap Pola Tersarang merupakan rancangan percobaan dengan materi homogen atau tanpa peubah pengganggu, terdiri atas dua peubah bebas atau faktor di dalam klasifikasi tersarang yaitu

Faktor A terdiri dari a taraf dan Faktor B terdiri dari b taraf yang tersarang (tergantung) dari pada A_i . Rancangan ini seolah-olah terdiri dari dua atau lebih Rancangan Acak Lengkap yang responsnya sama kemudian digabung menjadi satu model percobaan. Sastrosupadi (2000), menyatakan bahwa rancangan yang mirip dengan faktorial yaitu rancangan tersarang. Dalam percobaan yang perlakuannya merupakan kombinasi dua faktor atau lebih, misalnya faktor A dan B, adakalanya taraf atau tingkat dari faktor B mirip tetapi tidak identik (sama). Kombinasi perlakuan atau susunan perlakuan dalam keadaan ini mirip faktorial, tetapi bukan faktorial. Susunan perlakuan yang seperti itu dinamakan taraf faktor B tersarang pada taraf faktor A. Penelitian yang dilakukan yaitu dengan 3 kali ulangan dalam 3 kali perlakuan untuk mengetahui tingkat kevalitan data yang diambil.

Tabel 1. Tabel Anova Rancangan Penelitian RAL Tersarang

Dosis	Ulangan	Pengamatan hari ke-						Total
		1	2	3	4	5	6	
A	1	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_1
	2	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{24}	A_{25}	A_{26}	A_2
	3	A_{31}	A_{32}	A_{33}	A_{34}	A_{35}	A_{36}	A_3
Jumlah		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	$A...$
B	1	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_1
	2	B_{21}	B_{22}	B_{23}	B_{24}	B_{25}	B_{26}	B_2
	3	B_{31}	B_{32}	B_{33}	B_{34}	B_{35}	B_{36}	B_3
Jumlah		B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	$B...$
C	1	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}	C_1
	2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{25}	C_{26}	C_2
	3	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	C_{35}	C_{36}	C_3
Jumlah		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	$C...$

Keterangan :

A_{11} = nilai pengamatan hari ke-1 yang bersarang dalam A pada ulangan ke-1

C_{36} = nilai pengamatan hari ke-6 yang bersarang dalam pupuk anorganik dari pupuk urea pada ulangan ke-3.

Tabel 2. Denah Rancangan Percobaan Acak Lengkap Tersarang

B3	A2	C1
K1	A1	B2
C3	K2	A3
K3	B1	C2

Keterangan : A,B,C adalah Perlakuan
1,2,3 adalah ulangan
K adalah kontrol

3.4. Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1. Alat

Adapun alat-alat yang digunakan antara lain toples (volume 5L) sebanyak 9 buah, aerator, batu aerasi, lampu TL 2000 watt 2 buah, mikroskop, haemocytometer, pH pen, DO meter, hot plate, gelas ukur, timbangan analitik, kertas saring, pipet tetes, pipet volume, tabung reaksi, beaker glass, thermometer Hg, objek glass, cover glass, spatula, spektrofotometer, selang, refraktometer.

3.4.2. Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan antaralain bibit *Spirulina* sp. sebanyak 500 ml, Aquades, Pupuk Urea, larutan kaporit, Larutan Klorin, Natrium Thiosulfat, kertas label, alkohol 70%.

3.5. Analisis Kadar Protein (AOAC, 2005)

1. Sebanyak 1 gram K_2SO_4 , 40 ml Hgo dan 2 ml H_2SO_4 pekat ditambahkan ke dalam 0,5-1 g sampel.
2. Sampel dididihkan selama kurang lebih 2 jam sampai cairan menjadi jernih kehijau-hijauan.
3. Sampel dipindahkan ke dalam alat destilasi dan labu kjekdahl dibilas dengan 1-2ml air destilata selama beberapa kali.

4. Sebanyak 8-10 ml larutan NaOH 60%-Na₂S₂O₃ 5% ditambahkan ke dalam sampel.
5. Erlenmeyer berisi 5 ml larutan H₃BO₃ dan indikator BCG-MR (campuran bromcresol green dan methyl red) diletakan di bawah diujung kondensor.
6. Sampel didestilasi hingga diperoleh 10-15ml destilat.
7. Destilat sampel diencerkan hingga 50 ml.

3.6. Prosedur Penelitian

3.6.1. Persiapan toples dan Peralatan Penunjang lainnya

1. Menyiapkan toples dan peralatan lainnya kemudian dicuci dengan detergen dan dibilas
2. Mengeringkan selama 1 hari.

3.6.2. Persiapan Media air Laut

1. Mendidihkan media air pada suhu 100°C dan dibiarkan hingga dingin
2. Menyiapkan toples yang masing-masing bervolume 5 liter sebanyak 9 buah.
3. Memasukan media air laut sesuai konsentrasi dipupuk kemudian diaerasi

3.6.3. Persiapan Media *Spirulina* sp

1. Menyiapkan 9 buah toples yang telah steril
2. Memasukan air laut sesuai konsentrasi dan diaerasi
3. Menambahkan pupuk urea sesuai konsentrasi.

3.6.4. Persiapan bibit *Spirulina* sp

1. Menyiapkan bibit *Spirulina* sp. yang diambil dari kultur murni budidaya pakan alami di BBAP Situbondo
2. Menyiapkan stok kultur murni *Spirulina* sp. sebanyak 500ml

3. Memasukan stok kultur *Spirulina* sp sesuai konsentrasi ke dalam masing-masing toples dengan perbandingan 1:1 (1 untuk bibit: 1 untuk media)(BBAP Situbondo)
4. Menebar bibit *Spirulina* sp. pada masing-masing toples.
5. Bibit *Spirulina* sp. yang diambil dari stok dihitung kepadatan tebaranya dengan rumus menurut Kurniasih (2001) :

$$N1 \times V1 = N2 \times V2$$

Keterangan :

N1 : Kepadatan awal

V1 : Volume stok awal

N2 : Kepadatan kultur yang dihendaki

V2 : Volume kultur yang dihendaki.

3.6.5. Pelaksanaan Penelitian (Kultur *Spirulina* sp.)

1. Meletakkan secara acak masing-masing toples sesuai perlakuan
2. Memasukan air laut yang sudah steril, dipasang aerasi yang cukup besar untuk membantu menambah kandungan oksigen dalam air dan mencegah terjadinya pengendapan.
3. Menambahkan masing-masing kadar urea dalam media budidaya dan ditunggu beberapa saat sampai medium tercampur dengan baik
4. Menebar bibit yang sudah siap kemudian dengan konsentrasi yang sama, Toples yang berisi kultur *Spirulina* sp ditempatkan dekat lampu TL 2000 watt (2 buah) sebagai sumber energi untuk fotosintesis.
5. Melakukan pengamatan *Spirulina* sp. setiap hari yang dimulai hari pertama penebaran dengan menggunakan mikroskop.

6. Menghitung jumlah sel *Spirulina* sp. dalam sel/ml dengan menggunakan rumus menurut Amini (2008) :

$$\frac{n}{x} \times \frac{10000}{1} = \text{sel/mL}$$

Keterangan :

n = total hasil perhitungan

x = faktor divisi berdasarkan presentase dari masing-masing kisi perhitungan(=1)

3.7. Prosedur pengukuran kualitas air

Parameter penunjang terdiri dari, pH, oksigen terlarut, dan nitrat dianalisis berdasarkan Blom (1998) dan Hariyadi (1992) dalam Maf'ulah (2004).

3.7.1. DO (Oksigen Terlarut) Dengan DO meter yaitu :

1. Mengkalibrasi DO meter terlebih dahulu dengan aquades
2. Mencilupkan DO meter ke dalam air media beberapa saat
3. Membaca angka yang tertera pada alat tersebut.

3.7.2. Suhu (Standar Nasional Indonesia, 2004)

Langkah-langkah untuk mengukur suhu adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan Thermometer Hg ke dalam perairan dan ditunggu beberapa saat sampai air raksa di dalam Thermometer Hg menunjukkan skala tertentu.
2. Mencatat skala yang ditunjukkan oleh thermometer Hg dalam satuan $^{\circ}\text{C}$.
3. Membaca skala pada Thermometer Hg saat masih berada di dalam perairan dan jangan sampai tangan menyentuh bagian tubuh Thermometer.

3.7.3. pH diukur dengan menggunakan pH Pen

1. Mengaklibrasi pH pen terlebih dahulu dengan aquades
2. Mencilupkan pH pen kedalam air media beberapa saat
3. Membaca angka yang tertera pada alat tersebut.

3.7.4. Karbondioksida (CO₂)

Pengukurankadarkarbondioksida (CO₂) menurut Haryadi *et. al.* (1992) adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan 25 ml air sampel ke dalam Erlenmeyer, sebisa mungkin kurangi pengaruh aerasi.
2. Menambahkan 3-4 tetes indicator PP
3. Bila air berwarna merah berarti air tersebut tidak mengandung CO₂ bebas
4. Bila air sampel tetep tidak berwarna, dititrasi dengan Na₂CO₃ 0,0454 N sampai warna menjadi merah pertama kali
5. Menghitung kadar CO₂ dengan rumus :

$$\text{CO}_2 \text{ bebas (mg/L)} = \frac{\text{ml (titran)} \times N \text{ (titran)} \times 44,2 \times 1000}{\text{ml air sampel}}$$

3.7.5. Nitrat

Pengukuran kandungan nitrat menurut Blom. (1998)

1. Menyaring sampel 100ml dan dituangkan kedalam erlemeyer
2. Menguapkan diatas pemanas hingga air kering
3. Mendinginkan dengan menambah 2 asam fenol disulfonik dan diaduk dengan pengaduk gelas
4. Mengencerkan dengan 10 ml aquades
5. Menambahkan NH₄OH sampai terbentuk warna kekuningan
6. Mengencerkan dengan aquades sampal 100ml kemudian dimasukan dalam tabung reaksi

7. Menghitung kandungan nitrogen dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 380 nm.

3.7.6. Orthofosfat

Pengukuran Orthofosfat menurut Blom, (1998) :

1. Menuangkan sampel sebanyak 50 ml ke dalam erlemeyer
2. Menambah 2ml ammonium molybdate dan dikocok
3. Menambahkan 5 tetes S_nCl_2 lalu dikocok
4. Menghitung kandungan fosfor dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 610 nm.

3.8. Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Tersarang dengan 3kali perlakuan dan 3 kali pengulangan pada setiap perlakuan. Pada Semua analisa data penelitian dilakukan dengan menggunakan cara statistik dengan analisa keragaman (ANOVA). Jika dari analisa keragaman (sidik ragam) diketahui bahwa perlakuan menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata (*significant*) atau sangat berbeda nyata (*highly significant*), maka untuk membandingkan nilai dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT), untuk mengetahui perlakuan yang mana yang berbeda. Model statistik untuk percobaan adalah :

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + T_j(i) + \epsilon_{k(ij)}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, a \quad j = 1, 2, 3, \dots, b \quad \text{dan } k = 1, 2, 3, \dots, n$$

Dimana :

Y_{ijk} : Pengamatan Faktor A taraf ke-i , Faktor B taraf ke-j dan ulangan ke-k

μ : Rataan Umum

A_i : Pengaruh Faktor A pada taraf ke-i

$B_j(i)$: Pengaruh Faktor B pada taraf ke-j pada A_i

ϵ_{ijk} : Pengaruh galat Faktor A taraf ke-i, Faktor B taraf ke-j dan Ulangan ke-k

Berikut tabel analisis ragam untuk Rancangan Tersarang dengan perlakuan dasar Acak Lengkap.

Tabel 3. ANOVA Sidik Ragam Rancangan Acak Tersarang

SK	Db	JK	KT	Fhitung
Perlakuan	a-1	$\sum_{i=1}^a \frac{y_i^2 \dots}{bn} - \frac{Y_{ijk}^2}{abn}$	JKp/Dbp	KTp/KTg
Waktu dalam perlakuan	(b-1)			
-				
Waktu dalam perlakuan	(b-1)			
Waktu dalam perlakuan	a(b-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij}^2 \dots}{n} - \frac{y_i^2 \dots}{bn}$	JKw(p)/DbW(p)	KTw(p)/JKg
Galat	ab(n-1)	JKT-JKP-JKW(p)	JKg/Dbg	
Total	abn-1	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \dots - \frac{Y_{ijk}^2}{abn}$		

Jika dari tabel sidik ragam didapatkan hasil perlakuan yaitu bila F hitung < F tabel 5% tidak ada perbedaan nyata = non-significant different H0 diterima pada taraf uji 5%. Bila F hitung > F tabel 5% ada perbedaan nyata = *significant different*, H1 diterima pada taraf uji 5 %. Bila F hitung > F tabel 1% ada perbedaan sangat nyata = *highly signification different*. H1 diterima pada taraf uji 1%. Selanjutnya dilakukan uji beda nyata terkecil (BNT).

$$SED = \sqrt{\frac{2KTG}{bn}}$$

BNT 5% = t tabel 5% DBG x SED
 BNT 1% = t tabel 1 % DBG x SED

Kesimpulan :

- Jika selisih ≤ BNT 5% maka non signifikan atau tidak berbeda nyata
- Jika BNT 5% < selisih < BNT 1% maka berbeda nyata
- Jika selisih ≥ BNT 1% maka berbeda sangat nyata



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Parameter Kualitas Air

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton diantaranya adalah kualitas air dan parameter kualitas air yang diamati selama penelitian berlangsung adalah suhu, salinitas, oksigen terlarut (DO) CO₂, pH, nitrat dan ortofosfat.

4.1.1. Suhu

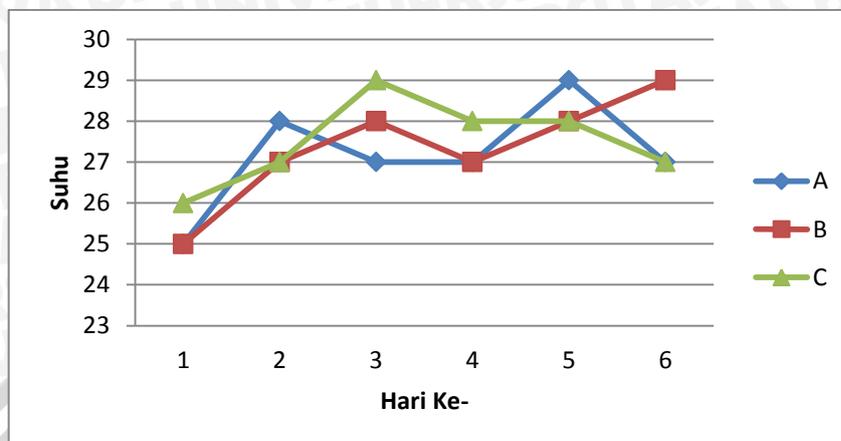
Suhu pada perairan mempunyai peran yang sangat penting pada ekosistem perairan, Suhu juga merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme. Pengaruh suhu secara langsung terhadap plankton yaitu mampu meningkatkan reaksi kimia sehingga laju fotosintesis meningkat seiring dengan kenaikan suhu (dari 10 °C – 20 °C). Pengaruh suhu tidak langsung adalah berkurangnya kelimpahan plankton akibat suhu semakin menurun dan kerapatan air semakin meningkat seiring bertambahnya kedalaman perairan (Raymont, 1980).

Pada data pengukuran suhu media kultur *Spirulina* sp selama penelitian dapat dilihat pada (Lampiran 6), dan data rata-rata pengukuran suhu dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Data rata-rata suhu kultur *Spirulina* sp.

Perlakuan		Hari ke-					
		1	2	3	4	5	6
A	80	25	28	27	27	29	27
B	100	25	27	28	27	28	29
C	120	26	27	29	28	28	27

Sedangkan untuk Grafik rata-rata suhu pada *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah.



Gambar 5. Grafik rata-rata suhu ($^{\circ}$ C) kultur *Spirulina* sp.

Pengukuran suhu selama penelitian berada pada kisaran $25-29^{\circ}$ C, perubahan-perubahan suhu yang terjadi pada saat penelitian masih pada batas layak untuk pertumbuhan kultur *Spirulina* sp. Terjadinya perubahan suhu yang diakibatkan dan dipengaruhi langsung oleh intensitas cahaya.

Tidak terjadi penurunan suhu yang drastis pada saat penelitian nilai rata-rata untuk hari pertama dengan menggunakan dosis pupuk 80 ppm suhunya yaitu 27° C. Kemudian hari kedua naik menjadi 29° C, hari ketiga turun menjadi 27° C kemudian pada hari keempat 26° C, hari kelima 28° C dan pada hari keenam mengalami penurunan 27° C. Dengan menggunakan dosis pupuk 100 ppm suhunya yaitu 25° C. Kemudian hari kedua naik menjadi 27° C, hari ketiga naik menjadi 28° C kemudian pada hari keempat 28° C, hari kelima 28° C dan pada hari keenam naik menjadi 29° C. Kemudian pada dosis 120 ppm suhunya pada hari pertama yaitu 26° C. Kemudian hari kedua naik menjadi 27° C, hari ketiga naik menjadi 29° C kemudian pada hari keempat 28° C, hari kelima 28° C dan pada hari keenam turun menjadi 27° C. Ini merupakan kisaran suhu optimal bagi kehidupan plankton. Menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995) bahwa kisaran suhu $25-30^{\circ}$ C merupakan suhu yang sesuai bagi kehidupan fitoplankton.

4.1.2. Salinitas

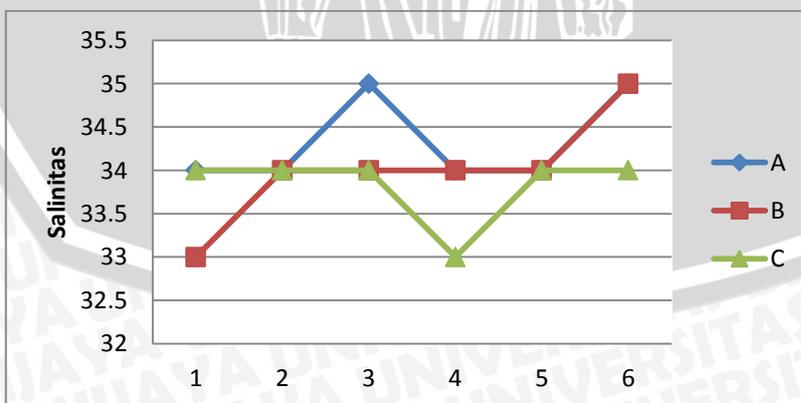
Salinitas pada perairan berhubungan erat dengan tekanan osmotik dan ionik air, baik air sebagai media internal maupun eksternal. Agar sel-sel organ tubuh organisme dapat berfungsi dengan baik maka sel-sel tersebut harus berada dalam cairan media dengan komposisi dan konsentrasi ionik yang sesuai dengan kebutuhannya. Oleh karena itu diperlukan pengaturan (osmoregulasi) agar tercipta komposisi dan konsentrasi ionik cairan dalam sel (intraseluler) dengan cairan luar sel (ekstraseluler) yang hampir sama. (Nugrahaningsih,2008).

Data hasil pengukuran salinitas media kultur *Spirulina* sp. selama penelitian dapat dilihat pada (Lampiran 8). Sedangkan data rata-rata pengukuran salinitas dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Data rata-rata salinitas (ppt) kultur *Spirulina* sp.

Perlakuan		Hari ke-					
		1	2	3	4	5	6
A	80	34	34	35	34	34	35
B	100	33	34	34	34	34	35
C	120	34	34	34	33	34	34

Sedangkan untuk Grafik rata-rata Salinitas pada *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah.



Gambar 6. Grafik rata-rata Salinitas kultur *Spirulina* sp.

Pengukuran salinitas pada saat penelitian berkisar antara 30-35 ppt. Salinitas yang cenderung naik turun diakibatkan adanya proses penguapan serta pengembunan akibat perubahan iklim. Untuk rata-rata salinitas Pada dosis 80 ppm hari pertama sebesar 34 ppt kemudian hari kedua tetap berada pada kisaran 34 ppt kemudian pada hari ketiga menjadi 34 ppt, hari keempat tetap 34 ppt, hari kelima 34, pada hari keenam naik menjadi 35 ppt. Pada dosis 100 ppm hari pertama sebesar 33 ppt kemudian hari kedua berada pada kisaran 34 ppt kemudian pada hari ketiga 34 ppt, hari keempat tetap 34 ppt, hari kelima 34, pada hari keenam naik menjadi 35 ppt. Pada dosis 120 ppm hari pertama sebesar 34 ppt kemudian hari kedua berada pada kisaran 34 ppt kemudian pada hari ketiga 34 ppt, hari keempat 33 ppt, hari kelima 34, pada hari keenam 34 ppt.

Perubahan ini masih berada dalam kisaran yang optimal dan tidak ada perubahan yang drastis, Kenaikan salinitas diduga karena penguapan air laut akibat panas dari lampu yang digunakan pada saat proses kultur. Hasil penelitian ini sesuai dengan (Nurhayati, 2013) yang menyatakan bahwa kenaikan salinitas diduga terjadinya penguapan akibat suhu tinggi sehingga kadar garamnya meningkat. Menurut Wicaksono (2014) salinitas pada *Spirulina* sp. berkisar antara 30-60 ppt yang merupakan kisaran optimal untuk perumbuhan alga ini. *Spirulina* sp mempunyai sifat kosmopolit dapat tumbuh dimana-mana, kecuali pada tempat yang ekstrim bagi kehidupan. Salinitas yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada kadar salinitas yang digunakan pada BBAP situbondo karena *Spirulina* sp. yang digunakan pada penelitian diambil dari BBAP situbondo dengan salinitas awal 30 ppt.

4.1.3. DO

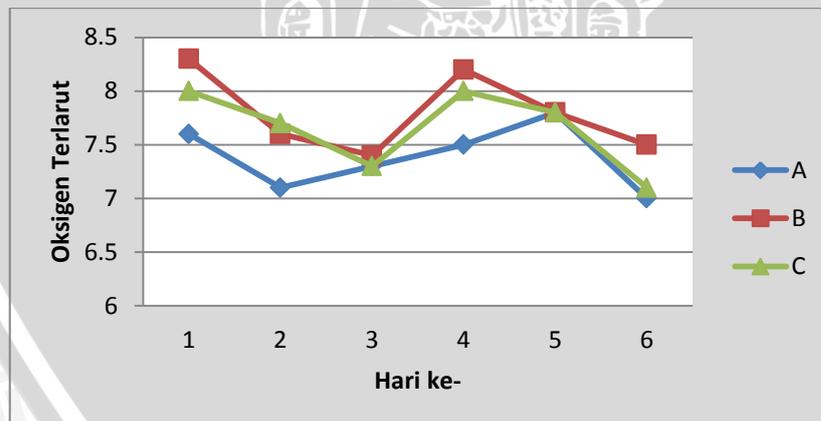
Oksigen terlarut juga dipengaruhi oleh aerasi pada media kultur karena pada dasarnya aerasi tersebut yaitu mentransfer oksigen dari udara agar terlarut dalam perairan sehingga secara menyeluruh aerasi mampu meningkatkan oksigen dalam perairan dan mampu menguapkan senyawa maupun bahan organik.

Data hasil pengukuran oksigen terlarut media kultur *Spirulina* sp. selama penelitian dapat dilihat pada (Lampiran 9) dan data rata-rata pengukuran oksigen terlarut dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data rata-rata oksigen terlarut (mg/l) kultur *Spirulina* sp.

Perlakuan		Hari ke-					
		1	2	3	4	5	6
A	80	7,6	7,1	7,3	7,5	7,8	7,0
B	100	8,3	7,6	7,4	8,2	7,8	7,5
C	120	8,0	7,7	7,3	8,0	7,8	7,1

Sedangkan untuk Grafik rata-rata Oksigen Terlarut pada *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 7 dibawah.



Gambar 7. Grafik rata-rata Oksigen Terlarut kultur *Spirulina* sp.

Rata-rata pengukuran kandungan oksigen terlarut selama penelitian berlangsung berkisar antara 6,3-8,9 mg/l. Pada dosis 80 ppm diperoleh rata-rata nilai DO yang diperoleh pada hari pertama yaitu 7,6 ppm, hari kedua turun

menjadi 7,1 ppm, pada hari ketiga 7,3 ppm, pada hari keempat 7,5 ppm pada hari kelima 7,8 ppm dan pada hari keenam 7,0 ppm. Pada dosis 100 ppm rata-

Terjadinya kenaikan DO diduga karena terjadi adanya hasil fotosintesis O_2 terlarut dari *Spirulina* sp. yang semakin melimpah Menurut Marojahan (2007) Adanya penambahan oksigen melalui proses fotosintetis dan pertukaran gas antara air dan udara menyebabkan kadar oksigen terlarut relatif lebih tinggi. Sedangkan menurut Subarijanti (1990b) bahwa oksigen terlarut dalam perairan diperoleh dari hasil fotosintesis tumbuhan berklorofil. Marojan (2007) menyatakan Oksigen terlarut dalam air berasal dari difusi udara dan hasil fotosintesis organisme berklorofil yang hidup dalam suatu perairan dan dibutuhkan oleh organisme untuk mengoksidasi zat-zat yang masuk ke dalam tubuhnya. Penurunan DO disebabkan oleh proses dekomposisi ini membutuhkan sejumlah O_2 untuk merombak sel-sel *Spirulina* sp. yang telah mati setelah terhentinya fase eksponensial oleh mikroba aerob agar menghasilkan nutrisi yang mampu dimanfaatkan kembali oleh *Spirulina* sp. sehingga proses inilah yang menyebabkan O_2 dalam media mengalami penurunan.

4.1.4. Derajat Keasaman

(pH) media menentukan kelarutan dan ketersediaan ion mineral sehingga mempengaruhi penyerapan nutrisi oleh sel. Perubahan nilai pH yang drastis dapat mempengaruhi kerja enzim serta dapat menghambat proses fotosintesis dan pertumbuhan beberapa mikroalga, pH 7 memiliki kerapatan sel yang lebih tinggi daripada media dengan pH 6,4, pada lingkungan netral CO_2 berada dalam bentuk bebas sehingga dapat berdifusi sehingga dengan mudah masuk ke dalam sel mikroalga, hal tersebut menyebabkan CO_2 sebagai sumber karbon utama bagi proses fotosintesis mikroalga cukup tersedia dan proses metabolisme dapat berlangsung cepat dan kerapatan sel meningkat

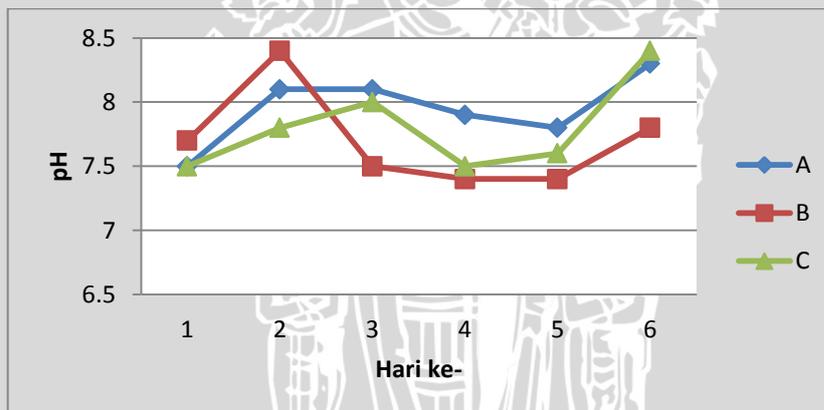
(Nining, 2005). Nilai pH yang tinggi berpotensi menghambat pertumbuhan mikroalga. Namun pada pH tinggi akan meningkatkan CO₂ (dalam bentuk bikarbonat) dalam air untuk dikonsumsi oleh mikroalga. (Adi, 2010).

Data hasil pengukuran pH media kultur *Spirulina* sp. selama penelitian dapat dilihat pada (Lampiran 7). Dan rata-rata pH pada *Spirulina* sp dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Data rata-rata pH kultur *Spirulina* sp.

Perlakuan		Hari ke-					
		1	2	3	4	5	6
A	80	7,5	8,1	8,1	7,9	7,8	8,3
B	100	7,7	8,4	7,5	7,4	7,4	7,8
C	120	7,5	7,8	8,0	7,5	7,6	8,4

Sedangkan untuk Grafik rata-rata pH pada *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 8 dibawah.



Gambar 8. Grafik rata-rata pH Terlarut kultur *Spirulina* sp.

Kisaran optimum pH selama penelitian berkisar antara 7-8,9 dimana pH air masih cenderung stabil dan masih pada kisaran yang layak bagi pertumbuhan *Spirulina* sp. karena pH air laut cenderung lebih stabil. Kisaran pH yang didapat pada saat penelitian masih dalam batas layak pertumbuhan *Spirulina* sp.

4.1.5. Nitrat

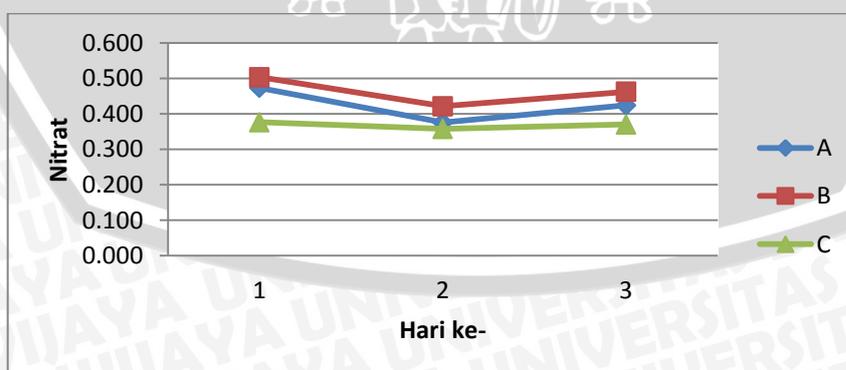
Nitrat (NO_3) merupakan senyawa nitrogen utama yang diserap oleh berbagai mikroalga termasuk *Spirulina* sp. untuk pertumbuhannya. Nitrat akan direduksi oleh nitrit reduktase menjadi nitrit (NO_2) yang kemudian direduksi menjadi amonium (NH_4) sehingga dapat memasuki jalur sintesis berbagai senyawa amino, yaitu asam glutamat, asam aspartat dan asparagin. Senyawa nitrat merupakan bahan baku utama untuk sintesis protein untuk tumbuhan laut dalam proses fotosintesa dan sebagai bahan pembentuk ATP bersama dengan fosfat (Hasanuddin, 2013).

Data hasil pengukuran nitrat media kultur *Spirulina* sp. selama penelitian dapat dilihat pada (Lampiran 10). Sedangkan data rata-rata pengukuran nitrat dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Data Nitrat kultur *Spirulina* sp.

Perlakuan	Hari Ke		rata-rata
	1	6	
A	0,473	0,375	0,42
B	0,503	0,421	0,46
C	0,376	0,357	0,37

Sedangkan untuk Grafik rata-rata pH pada *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 9 dibawah.



Gambar 9. Grafik rata-rata Nitrat Terlarut kultur *Spirulina* sp.

Pada perairan, nitrogen terbagi menjadi 2 yaitu nitrogen anorganik terdiri atas ammonia (NH_3), ammonium (NH_4), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3) dan molekul nitrogen (N_2) dalam bentuk gas. Sedangkan nitrogen organik berupa protein, asam amino dan urea. Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan algae dan tanaman. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil (Effendi, 2003). Hasil pengukuran kandungan nitrat kultur *Spirulina* sp. pada saat penelitian berkisar antara 0,35-0,50 mg/l. Dimana kisaran ini masih dalam batas yang layak untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. Kisaran nitrat tersebut Samanna (2006) yang menyebutkan bahwa kisaran nitrat 0,9–3,5 mg/l merupakan konsentrasi optimum untuk pertumbuhan alga (Mutiara, 2014).

Pengamatan yang dilakukan pada saat penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan kandungan nitrat. Penurunan ini terjadi karena pada saat pertumbuhannya *Spirulina* sp. memanfaatkan nitrat secara optimal ditandai dengan terjadinya peningkatan kelimpahan populasi *Spirulina* sp.

4.1.6. Fosfat

Fosfat (PO_4) merupakan bentuk fosfor yang dimanfaatkan oleh tumbuhan dan alga. Keberadaan fosfor cenderung lebih sedikit dan mudah mengendap di kerak bumi. Fosfor merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan alga karena mempengaruhi tingkat produktivitas perairan dan berperan dalam transfer energi di dalam sel (Adenosine Triphosphate dan Adenosin Diphosphate), sehingga menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan alga. Ortofosfat (O-PO_4) yang merupakan produk ionisasi dari asam ortofosfat adalah bentuk fosfor yang paling sederhana dan banyak ditemukan di perairan. Ortofosfat juga dapat dimanfaatkan secara langsung oleh

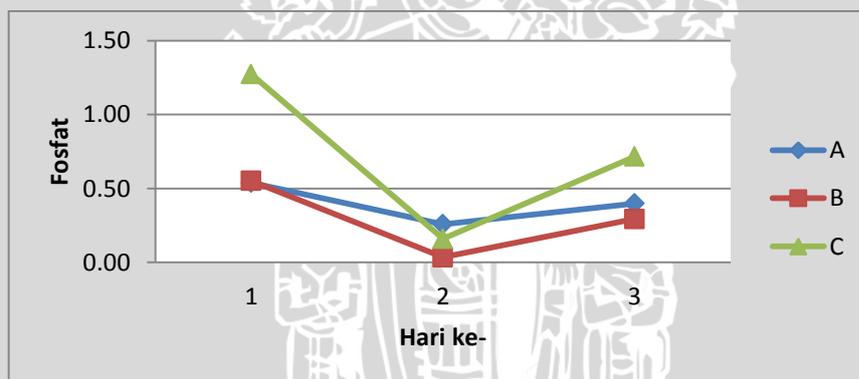
tumbuhan akuatik (Fosfat diadsorpsi oleh fitoplankton dan seterusnya masuk ke dalam rantai makanan.

Data hasil pengukuran fosfat media kultur *Spirulina* sp. Selama penelitian dapat dilihat pada (Lampiran 11), sedangkan data rata-rata pengukuran fosfat dapat dilihat pada tabel 9 dibawah.

Tabel 9. Data fosfat(mg/L)

Perlakuan	Hari Ke		rata-rata
	1	6	
A	0,54	0,26	0,40
B	0,55	0,04	0,29
C	1,27	0,16	0,72

Sedangkan untuk Grafik rata-rata Fosfat pada *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 10 dibawah.



Gambar 10. Grafik rata-rata Nitrat Terlarut kultur *Spirulina* sp.

Dari tabel 9 pengukuran kandungan ortofosfat selama penelitian berkisar antara 0,04-1,27. Muhib (2014) menyatakan Kandungan fosfat yang optimal bagi pertumbuhan fitoplankton berada pada kisaran 0,27-5,51 Fosfot pada perairan berperan dalam transfer energi di dalam sel, misalnya yang terdapat pada ATP (Adenosine Triphospate) dan ADP (Adenosine Diphosphate). Ortofosfat yang merupakan produk ionisasi dari asam ortofosfat adalah bentuk fosfor yang paling sederhana di perairan.

4.1.7. Karbondioksida (CO₂)

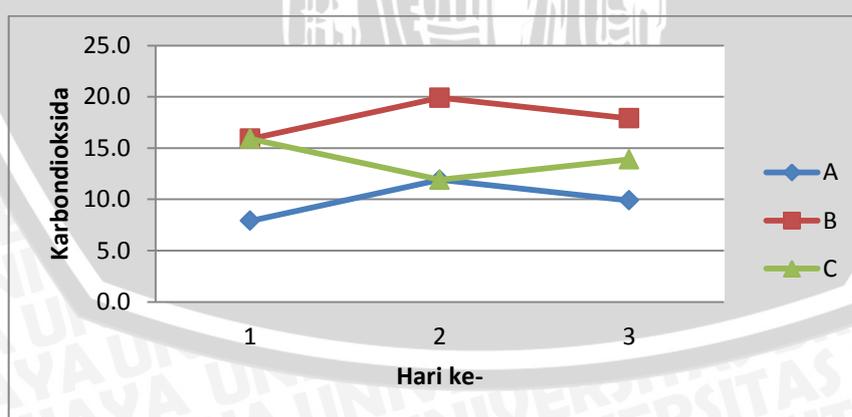
Gas CO₂ diperlukan sebagai bahan baku untuk pembentukan senyawa metabolit dan biomassa. mikroalga memiliki tingkat pertumbuhan yang relatif cepat, sehingga kebutuhan gas CO₂ cukup tinggi. Dengan demikian, alga cocok digunakan sebagai *carbon sink* untuk membantu menurunkan kadar CO₂ di udara. Karena bersifat heterotrof, sebagian besar alga membutuhkan cahaya dan CO₂. setiap spesies alga memiliki kondisi tumbuh yang spesifik sehingga membutuhkan sistem kultur yang berbeda satu sama lain. (Adi, 2010)

Data hasil pengukuran karbondioksida media kultur *Spirulina* sp. Selama penelitian dapat dilihat pada lampiran 12 sedangkan data rata-rata pengukuran karbondioksida dapat dilihat pada tabel 10 dibawah.

Tabel 10. Data Kandungan CO₂(mg/L)

Perlakuan	Hari Ke		rata-rata
	1	6	
A	7,9	11,9	9,9
B	15,9	19,9	17,9
C	15,9	11,9	13,9

Sedangkan untuk Grafik rata-rata karbondioksida pada *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 11 dibawah.



Gambar 11. Grafik rata-rata Karbondioksida Terlarut kultur *Spirulina* sp.

Hasil penelitian nilai CO₂ dari pupuk urea dengan dosis yang berbeda berkisar antara 7,9-19,9 . Karbondioksida memang diperlukan mikroalga untuk

proses fotosintesis dan berkembang biak, namun kadar karbondioksida yang dibutuhkan oleh *Spirulina* sp. hanya sekitar 1-2% (Hermanto, 2011). Kadar karbondioksida 50-100 ppm dapat mematikan organisme, sedangkan kadar 100-200 ppm bersifat akut (Kordi dan Tancung, 2007). Pemanfaatan kemampuan karbondioksida pada mikroalga *Spirulina* sp. tergolong tinggi dibandingkan dengan spesies lain. Penambahan karbondioksida secara tepat pada mikroalga dapat menaikkan laju pertumbuhan (Norbawa *et al.*, 2013).

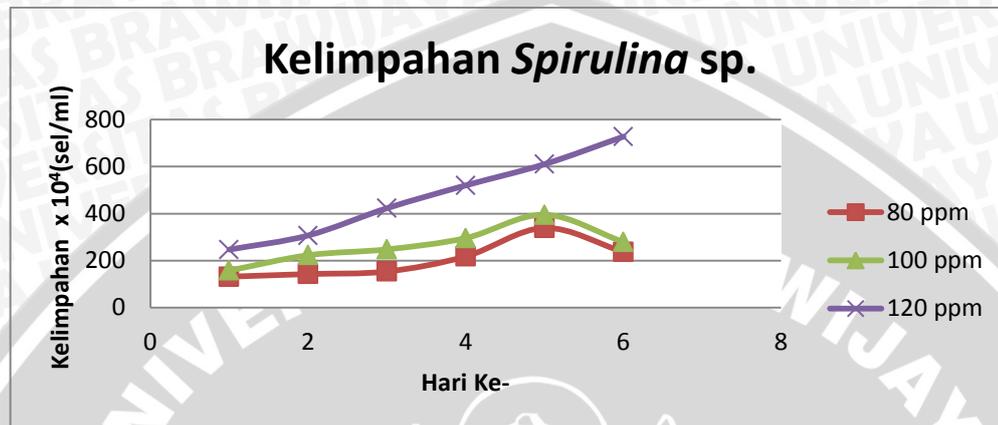
4.2. Kelimpahan Populasi *Spirulina* sp.

Kelimpahan dan kepadatan fitoplankton pada perairan bervariasi tergantung kepada keadaan lingkungan perairannya. (Anjar, 2005). Hasil pengamatan pada kelimpahan populasi *Spirulina* sp. kelimpahan yang diberi perlakuan dengan dosis pupuk yang berbeda dapat dilihat pada lampiran, sedangkan grafik kepadatan *Spirulina* sp. yang diberi perlakuan dosis pupuk urea yang berbeda (80 ppm, 100 ppm, 120 ppm) dan kontrol dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 11. Data rata-rata kelimpahan populasi *Spirulina* sp. (sel/ml)

Waktu Pengamatan	Dosis Perlakuan			
	Kontrol	80 ppm	100 ppm	120 ppm
Jumlah Penebaran	60000	60000	60000	60000
Hari 1	147	132	158	247
Hari 2	200	143	223	307
Hari 3	243	154	248	423
Hari 4	303	218	296	520
Hari 5	410	339	395	610
Hari 6	557	237	279	727
Rata-rata	310	204	267	472

Sedangkan untuk lebih memudahkan membedakan rata-rata kepadatan ulangan kultur *Spirulina* sp. disajikan dalam bentuk grafik untuk mempermudah pada saat menganalisa hasil kultur dari *Spirulina* sp. Berikut grafik yang dilihat pada Gambar 12 dibawah ini



Gambar 12. Grafik rata-rata pertumbuhan populasi *Spirulina* sp. 10^4 (sel/ml) selama penelitian dengan menggunakan perlakuan dosis pupuk yang berbeda

Hasil Pengamatan pertambahan populasi *Spirulina* sp. pada gambar menunjukkan bahwa pada kepadatan awal penelitian mengalami kenaikan ini dikarenakan bentuk adaptasi terhadap lingkungan yang baru untuk *Spirulina* sp. tersebut. Menurut Nita (2011) hal ini disebabkan Pada fase Pertumbuhan Lag (Adaptasi) inokulum baru ditransfer ke medium pengkulturan dan mulai beradaptasi dengan lingkungan medium tumbuhnya. Fase ini terjadi sekitar 10 jam setelah inokulasi.

Mencapai kenaikan puncak pada hari ke 5 untuk perlakuan A (339 sel/ml) dan perlakuan B (395 sel/ml) kemudian turun pada hari ke 6 hal ini terjadi dikarenakan setelah melalui puncak kelimpahan pada perlakuan A dengan dosis (80 ppm) dan perlakuan B dengan dosis (100 ppm) mengalami penurunan pada pertumbuhannya hal ini disebabkan karena nutrisi yang dibutuhkan *Spirulina* sp. mulai berkurang sedangkan kepadatannya meningkat. Adanya penurunan kandungan nitrat dan ortofosfat juga sangat berpengaruh terhadap penurunan

kelimpahan pertumbuhan *Spirulina* sp. Meningkatnya kepadatan sel mengakibatkan kebutuhan nutrisi yang semakin tinggi akan tetapi karena tidak ada penambahan nutrisi dari luar maka terjadilah persaingan antar sel untuk mendapatkan nutrisi. Sel-sel *Spirulina* sp. yang tidak memperoleh atau mendapatkan nutrisi menurun dan akhirnya mati selain itu akibat dari banyaknya sel maka ruang gerak atau persaingan antar sel semakin padat hal ini juga mempengaruhi pertumbuhan sel *Spirulina* sp.

Fase kematian terjadi penurunan sel inokulum secara drastis. Jika diamati di bawah mikroskop akan terlihat sel pecah dan mati. Kultur berwarna kehijauan, kemudian berubah menjadi hijau kekuningan, lalu memucat dan mati pada fase kematian terjadi penurunan sel inokulum secara drastis. Nita (2011)

sedangkan untuk pupuk urea dengan dosis (120 ppm) menghasilkan nutrisi yang cukup untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. selain itu ditunjang oleh keadaan lingkungan kultur yang sesuai dan menunjang pertumbuhan *Spirulina* sp. Mikroalga mengkonsumsi nutrisi dalam media yang tersedia, mikroalga dapat tumbuh secara optimal (Pranayogi, 2003). Jumlah populasi sel akan terpengaruh oleh beberapa faktor diantaranya adalah suhu, aerasi, cahaya maupun nutrisi (Amini, 2006), pada fase ini kandungan nutrisi, pH, dan intensitas cahaya pada medium kultur masih dapat memenuhi kebutuhan fisiologis sel, sehingga dapat tumbuh (Suantika, 2009). Dan dibawah ini merupakan Gambar sel *Spirulina* sp dengan perbesaran mikroskop invertet 100x



Perlakuan A

Perlakuan B

Perlakuan C

Gambar 13. Fase Kontras Sel *Spirulina* sp. dengan mikroskop perbesaran 100x

Keterangan :

- Perlakuan A menggunakan pupuk urea dosis 80 ppm
- Perlakuan B menggunakan pupuk urea dosis 100 ppm
- Perlakuan C menggunakan pupuk urea dosis 120 ppm

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat pada perlakuan A sel *Spirulina* sp. Berbentuk spiral berikatan rapat dengan beberapa potongan spiral tidak berikatan berbentuk bulat berada disekitarnya. Pada perlakuan B sel *Spirulina* sp. tampak rapat menggumpal pada satu sisi, sel yang terlihat tampak utuh dan disisi lain tampak terpotong-potong. Pada perlakuan C *Spirulina* sp. tampak rapat menyebar merata ke seluruh bidang pandang, sel yang terlihat utuh berbentuk spiral, dan ukuran bervariasi ada yang besar namun terlihat pula yang kecil. Jika dibandingkan dengan kontrol perlakuan A, B, dan C memiliki perbedaan yang signifikan ditinjau dari bentuk sel, jumlah sel yang terlihat, dan ukuran sel.

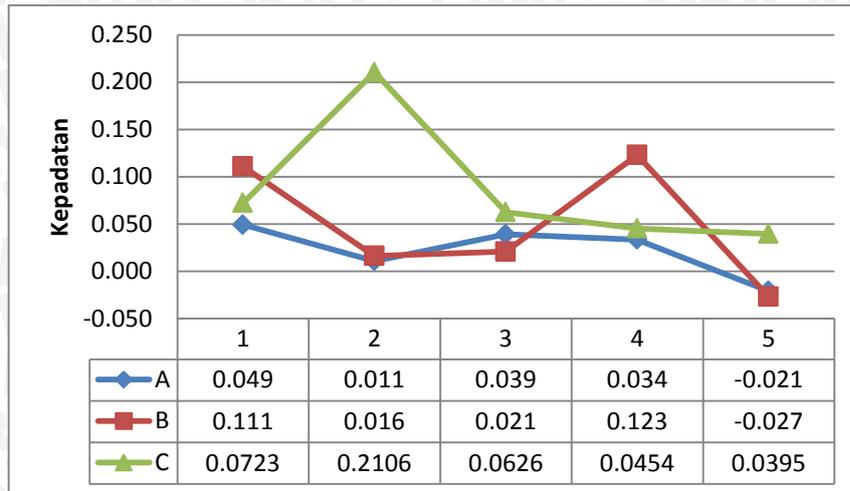
4.3. Laju Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Sel mikroalga *Spirulina* sp. yang dikultur dengan dosis pupuk yang berbeda mengalami jumlah pembelahan sel yang berbeda pula. Pembelahan sel terjadi terus-menerus setiap hari dengan intensitas yang berbeda sesuai dengan kandungan nutrisi yang tersedia yang bisa dimanfaatkan oleh sel *Spirulina* sp. Hasil Perhitungan untuk rata-rata laju pertumbuhan populasi *Spirulina* sp. Dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 12. Data rata-rata Laju pertumbuhan populasi *Spirulina* sp. (sel/ml)

Waktu Pengamatan	Dosis Perlakuan		
	80 ppm	100 ppm	120 ppm
Hari 1	0,049	0,111	0,0723
Hari 2	0,011	0,016	0,2106
Hari 3	0,039	0,021	0,0626
Hari 4	0,034	0,123	0,0454
Hari 5	-0,021	-0,027	0,0395

Sedangkan untuk lebih memudahkan membedakan laju pertumbuhan populasi *Spirulina* sp. antar perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini



Gambar 14. Grafik rata-rata Laju pertumbuhan populasi *Spirulina* sp.

Laju pertumbuhan pada perlakuan a=80ppm; b=100ppm ; c=120ppm) menghasilkan rata-rata laju pertumbuhan populasi yang berbeda. perlakuan A (80ppm) menghasilkan rata-rata laju pertumbuhan hari pertama sebesar 0,049; hari ke dua 0,011 ; hari ke tiga 0,039; hari ke empat 0,034; hari ke lima -0,021;; perlakuan B (100 ppm) menghasilkan rata-rata laju pertumbuhan hari pertama sebesar 0,111; hari ke dua 0,016; hari ke tiga 0,021; hari ke empat 0,123 hari ke lima -0,027 ; perlakuan C (120ppm) menghasilkan rata-rata laju pertumbuhan hari pertama sebesar 0,0723; hari ke dua 0,2106; hari ke tiga 0,0626; hari ke empat 0,0454; hari ke lima 0,0395; Hal ini menunjukkan bahwa dengan pemberian pupuk dan dosis yang berbeda akan menghasilkan laju pertumbuhan populasi *Spirulina* sp. yang juga akan berbeda. Dimana pemberian dosis pupuk yang berbeda akan mempengaruhi pertumbuhan *Spirulina* sp.

Kemudian dilanjutkan dengan analisis sidik ragam untuk mengetahui apakah perlakuan dosis pupuk yang berbeda berpengaruh terhadap pertumbuhan populasi *Spirulina* sp. hasil analisis sidik ragam perlakuan pupuk urea tercantum pada tabel di bawah ini.

Tabel 13. Analisis sidik ragam kelimpahan *Spirulina* sp.

SK	DB	JK	KT	Fhit	Ftabel	
					5%	1%
Perlakuan	3-1=2	709497	354748,72	29,09**	3,26	5,25
Waktu dalam perlakuan	3(6-1)=15	709497	47299,83	3,88**	1,95	2,58
Galat	3x6(3-1)=36	438997	12194,37			
Total	(3x6x3)-1=53					

Keterangan : ** (berbeda sangat nyata)
* (berbeda nyata)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pupuk Urea berbeda nyata pada taraf uji 5% dan berbeda sangat nyata pada taraf uji 1%. Hal ini terlihat dari $F_{hitung}(A) > F_{tabel}$, Perlakuan pupuk urea dengan dosis yang berbeda memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp. karena pada setiap dosis pupuk Urea mengandung nutrisi yang berbeda dengan apa yang dibutuhkan untuk pertumbuhan *Spirulina* sp.

untuk perbedaan waktu pengamatan $F_{hitung} B (A) > F_{tabel}$ artinya pengaruh dari perbedaan waktu pengamatan terhadap kepadatan sel *Spirulina* sp. juga berbeda nyata pada uji taraf 5% dan berbeda sangat nyata pada taraf uji 1%.

Tabel 14. Uji BNT Perlakuan Dosis Pupuk Terhadap Kepadatan *Spirulina* sp.

Perlakuan	Kepadatan	1223	1600	2833	notasi
A	1223				a
B	1600	377			b
C	2833	1610	1234		c

Keterangan :

A : Perlakuan dosis pupuk urea 80 ppm

B : Perlakuan dosis pupuk urea 100 ppm

C : Perlakuan dosis pupuk urea 120 ppm

Dari uji beda nyata terkecil antara dosis pupuk yang berbeda dapat diketahui bahwa perlakuan C dengan dosis 120 ppm memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata dimana perlakuan C menghasilkan kepadatan populasi *Spirulina* sp. yang tertinggi tingginya kepadatan dan pertumbuhan pada perlakuan ini disebabkan adanya suatu kondisi lingkungan yang baik bagi *Spirulina* sp. dan adanya keseimbangan nutrisi yang diterima *Spirulina* sp.

4.4. Analisis Konversi Kandungan Protein

Kandungan protein *Spirulina* sp. rata-rata untuk pada perlakuan A penambahan pupuk urea dosis 80 ppm hari pertama sebesar $9,94 \times 10^{-8}$, hari kedua sebesar $4,48 \times 10^{-7}$, hari ketiga sebesar $3,98 \times 10^{-7}$, hari keempat $2,79 \times 10^{-7}$, hari kelima $2,29 \times 10^{-7}$ dan hari keenam $2,39 \times 10^{-7}$ dan dengan penambahan urea menghasilkan kandungan protein tiap sel sebagaimana disajikan pada tabel 7 dibawah.

Tabel 15. Protein *Spirulina* sp. Per Rantai Per Unit

Perlakuan		Hari ke-					
		1	2	3	4	5	6
A	80	$9,94 \times 10^{-8}$	$4,48 \times 10^{-7}$	$3,98 \times 10^{-7}$	$2,79 \times 10^{-7}$	$2,29 \times 10^{-7}$	$2,39 \times 10^{-7}$
B	100	$1,14 \times 10^{-11}$	$8,34 \times 10^{-11}$	$7,73 \times 10^{-11}$	$6,63 \times 10^{-11}$	$3,20 \times 10^{-11}$	$4,13 \times 10^{-11}$
C	120	$9,06 \times 10^{-11}$	$7,26 \times 10^{-11}$	$5,49 \times 10^{-11}$	$4,74 \times 10^{-11}$	$3,77 \times 10^{-11}$	$2,89 \times 10^{-11}$

Pada perlakuan B Dengan penambahan pupuk urea dosis 100 ppm menghasilkan nilai protein untuk hari pertama sebesar $1,14 \times 10^{-11}$ hari kedua sebesar $8,34 \times 10^{-11}$, hari ketiga $7,73 \times 10^{-11}$, hari keempat $6,63 \times 10^{-11}$, hari ke lima $3,20 \times 10^{-11}$ dan hari keenam $4,13 \times 10^{-11}$, untuk perlakuan C dengan penambahan pupuk urea dengan dosis 120 ppm menghasilkan nilai protein untuk hari pertama sebesar $9,06 \times 10^{-11}$, hari kedua sebesar $7,26 \times 10^{-11}$, hari ketiga $5,49 \times 10^{-11}$, hari keempat $4,74 \times 10^{-11}$, hari kelima $3,77 \times 10^{-11}$ dan hari keenam $2,89 \times 10^{-11}$,

Untuk perlakuan A menggunakan pupuk urea dengan dosis pupuk 80 ppm kandungan protein (mg/sel) rendah. Diduga kandungan protein rendah akibat dari proses perombakan protein yang diubah menjadi lemak pada saat proses metabolisme. Prihantini (2005) menyatakan terjadinya penguraian protein dan persenyawaan nitrogen lain. Amonium (NH_4^+), nitrat (NO_3^-), dan nitrit (NO_2^-) merupakan bentuk senyawa nitrogen organik yang telah mengalami penguraian. Pada umumnya, senyawa nitrogen yang digunakan dalam metabolisme sel mikroalga berupa amonium. Amonium dihasilkan melalui proses disosiasi

amonium hidroksida. Amonium hidroksida merupakan amonia yang terlarut dalam air. Pada perlakuan B dengan dosis pupuk urea sebesar 100 ppm dan perlakuan C dengan dosis pupuk urea sebesar 120 ppm memiliki kadar protein yang tinggi dan dari tabel diatas dapat diketahui bahwa tingginya kandungan protein (mg/sel) yang didapatkan dari mikroalga hasil kultur tidak berpengaruh terhadap tingginya kelimpahan dari mikrolaga *Spirulina* sp. itu sendiri.

Tingginya kandungan protein dipengaruhi oleh pupuk urea yang memiliki kandungan nutrisi yang optimum diperlukan bagi media dengan komposisi yang tepat antara nutrisi makro maupun mikro yang diperlukan oleh mikroalga. Menurut (Dwi, 2013) pupuk urea memiliki kandungan Nitrogen yang tinggi sebesar 46% Apabila urea terlarut akan terbentuk ion amonium (NH_4^+) yang akan diasimilasi oleh mikroalga dan diubah menjadi glutamat sebagai salah satu penyusun asam amino. Pengaruh pupuk urea sebagai sumber nitrogen dalam kultur mikroalga telah diaplikasikan pada *Scenedesmus* sp. yang menunjukkan peningkatan pertumbuhan sel.

Perbedaan komposisi media mempengaruhi kandungan protein tersebut. Kaplan *et al.*, (1986) menyatakan bahwa FeCl_3 (besi) memiliki kemampuan untuk mereduksi nitrat menjadi nitrit kemudian mereduksi nitrit menjadi amonium. Amonium merupakan sumber nitrogen. Nitrogen merupakan nutrisi yang dibutuhkan paling banyak untuk pertumbuhan fitoplankton (Wijaya, 2006), yaitu sebagai unsur penting dalam pembentukan protein (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). (Fhibia, 2012).

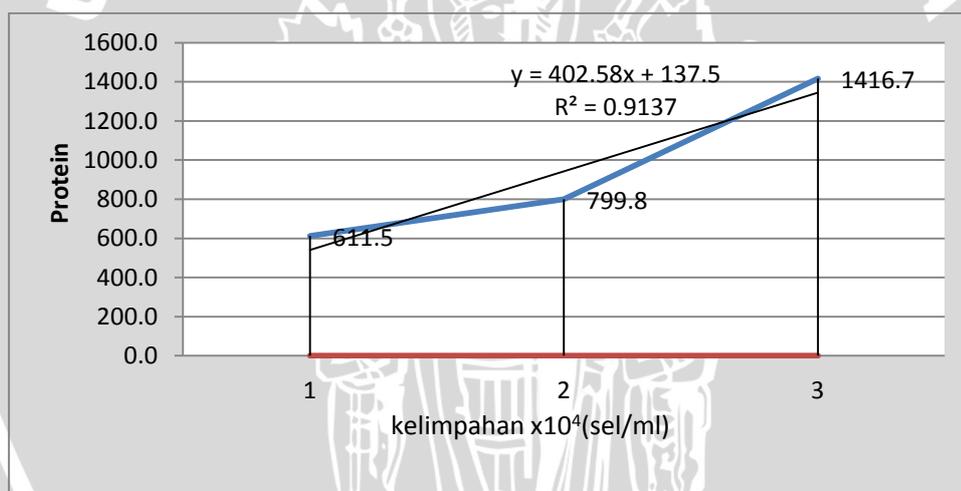
4.5. Hubungan Kepadatan Dan Protein

Uji Korelasi ini untuk melihat seberapa kuat hubungan antara kepadatan dan kandungan protein. Dari Grafik dibawah ini dapat dilihat bahwa dosis pupuk mempengaruhi jumlah kelimpahan dan mempengaruhi jumlah protein semakin

sedikit pupuk yang diberi kelimpahan rendah semakin banyak pupuk yang diberikan jumlah kepadatan meningkat di ikuti dengan jumlah kandungan proteinnya. Dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 16. Nilai Protein Total *Spirulina* sp.

Perlakuan	Protein (%)	Rata-Rata (%)
A1	0,53	0,28000
A2	-	
A3	0,31	
B1	0,93	0,54000
B2	0,70	
B3	-	
C1	1,37	1,09000
C2	1,63	
C3	0,26	



Gambar 15. Grafik Hubungan Kepadatan dan Protein

Grafik di atas menunjukkan pada perlakuan A dengan dosis pupuk 80 ppm kelimpahan x 10⁴(sel/ml) yaitu 611,5. Hasil ini sesuai dengan nilai kandungan total protein sebesar 0,28 hal ini menunjukkan bahwa hubungan kelimpahan mempengaruhi jumlah protein (sel/ml). Pada perlakuan pemberian dosis pupuk 100 ppm menunjukkan nilai kelimpahan x 10⁴(sel/ml) yaitu 799,8 Hasil ini sesuai dengan nilai kandungan total protein sebesar 0,54 hal ini menunjukkan bahwa hubungan kelimpahan mempengaruhi jumlah protein (sel/ml). Pada perlakuan

pemberian dosis pupuk 120 ppm menunjukkan nilai kelimpahan $\times 10^4$ (sel/ml) yaitu 1416,7 Hasil ini sesuai dengan nilai kandungan total protein sebesar 1,09. Kemudian dilakukan uji korelasi pada semua perlakuan untuk menguatkan hubungan antara kepadatan dengan kandungan total protein menunjukkan nilai R square $> 5\%$ yaitu 0,913.

Hasil ini menguatkan bahwa hubungan antara kepadatan dengan kandungan protein total , sehingga arah hubungannya positif. Pernyataan ini sesuai dengan penelitian Safitri, (2013) bahwa hubungan korelasi antara kepadatan dan kandungan total protein menunjukkan adanya hubungan antara kandungan total protein dan jumlah kepadatan *Spirulina* sp.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian pengaruh penggunaan pupuk anorganik urea dapat diambil kesimpulan :

Dari uji BNT menunjukkan Berdasarkan hasil analisa sidik ragam kepadatan *Spirulina* sp. diketahui bahwa :

1. F hitung (A) > F tabel perlakuan pemberian dosis pupuk urea (urea 80ppm,100ppm dan 120ppm) terhadap kepadatan *Spirulina* sp.berbeda nyata pada taraf uji 5% dan berbeda sangat nyata pada taraf uji 1%. Hal itu berarti terima H_1 dan tolak H_0
2. F hitung (B dalam A) > F tabel ,perbedaan waktu pengamatan terhadap kepadatan *Spirulina* sp.berbeda nyata pada taraf uji 5% dan berbeda sangat nyata pada taraf uji 1%. Hal itu berarti terima H_1 dan tolak H_0 .
3. Pada perlakuan pemberian dosis pupuk 80 ppm ,100 ppm, 120 ppm dan kontrol menunjukkan nilai R square > 5%. Hasil ini menguatkan bahwa hubungan antara kepadatan dengan kandungan protein total sangat kuat. Hipotesis yang diperoleh pada penelitian ini yaitu H_1 sehingga jumlah kepadatan yang diperoleh dari perlakuan perbedaan dosis pupuk berpengaruh pada jumlah protein total.

5.2. Saran

Perlu adanya pengkajian lebih lanjut dan mendalam mengenai peranan dosis pupuk maupun jenis pupuk dalam memacu pertumbuhan *Spirulina* sp. dan berpengaruh terhadap kandungan protein totalnya sehingga nanti dapat diperoleh yang efektif terhadap kepadatan dan kandungan protein totalnya.

Serta untuk memperbanyak referensi terkait dengan pengaruh pupuk urea terhadap protein total mikroalga. Pupuk urea direkomendasikan untuk kultur mikroalga karena dapat meningkatkan protein total, karena memiliki pengaruh yang berbeda nyata pada perlakuan.



DAFTAR PUSTAKA

- Amanatin , R.D dan Tutik Nurhidayati. 2013. Pengaruh Kombinasi Konsentrasi Media Ekstrak Tauge (MET) dengan Pupuk Urea terhadap Kadar Protein *Spirulina* sp. Jurnal Sains Dan Seni Pomits Vol. 2, No.2.
- Amini, S dan Rini S. 2010. Produksi Biodiesel Dari Mikroalga Botryococcus Braunii. Squalen Vol. 5 No. 1
- Amini, S dan Syamdidi. 2006. Konsentrasi Unsur hara pada Media dan Pertumbuhan *Chlorella vulgaris* dengan pupuk anorganik teknik dan analisis. *Jurnal Perikanan*. Vol VIII. No.2. Hal:201-206.
- AOAC, 2005. Official Method Of Association Of Official Analytical Chemist. 12t H. Edition. Published By Association Of Official Analytical
- BBAP Situbondo, 2005. Petunjuk Teknis Produksi Pakan Alami. DKP.Jatim
- Blom, J. S. 1998. Chemical and Physical Water Quality Analysis. Nuffic Unibraw/luw/fish. Malang.
- Bold, H.C., dan Wynne, M.J., 1985. *Introduction to the Algae*. Prentice-Hall. New Jersey
- Borowitzka, M.A. 1988. Algal Growth Media And Sources Of Algal Cultures. In : Borowitzka, M.A & L.J Borowitzka (Eds) Microalga Biotechnology. Cambridge University Press: Cambridge. pp. 456-465.
- Boyd, 1988. Water Quality In Warm Water Fish Ponds. Alabama. Craft Masker Printer.
- Ekawati, A. W . 2005 . Budidaya Makanan Alami. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Fogg G. E. 1987. Algal Cultures and Phytoplankton Ecology. The University of Wisconsin Press. Madison.
- Fogg, G. E. 1975. Algae Cultures and Phytoplankton. second Edition. The university of Wisconsin. London.
- Haryati, Riche. 2008. Pertumbuhan dan Biomassa *Spirulina* sp. dalam Skala Laboratoris. Laboratorium Ekologi dan Biosistemik Jurusan Biologi FMIPA Undip. BIOMA, Vol. 10, No. 1, Hal. 19-22.
- Hanafiah, K.A. 2010. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. Edisi Ketiga. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.

- Hariyadi, S., Suryadiputra., dan B. Widigdo. 1992. *Limnologi Metode Kualitas Air*. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Indrastuti C, Bambang, Max R M. 2014. Kajian Intensitas Cahaya Yang Berbeda Terhadap Konsentrasi Klorofil-A Pada Pertumbuhan Mikroalga *Spirulina Platensis* Dalam Skala Laboratorium. *Journal Of Maquares Management Of Aquatic Resources*. Volume 3, Nomor 4 , Halaman 169-174.
- Hanafiah, K. A. 2008. Rancangan Teori dan Aplikasi, Edisi Ketiga. PT: Raja Grafindo Persada : Jakarta hal 33-41.
- Hutagalung P. H. 1988. Pengaruh Suhu Air Terhadap Kehidupan Organisme Laut. *Oseana*, Volume XIII, Nomor 4 : 153 – 164.
- Hasanuddin R. (2013). Hubungan Antara Kerapatan Dan Morfometrik Lamun *Enhalus Acoroides* Dengan Substrat Dan Nutrien Di Pulau Sarappo Lompo Kab. Pangkep. Skripsi. Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Hermanto, B. M. Sumardi, La Choviya Hawa, Siti Masithah Fiqtinovri. 2011. Perancangan Bioreaktor Untuk Pembudidayaan Mikroalga. *Jurnal Teknologi Pertanian* Vol. 12 No. 3. 153-162.
- Isnansetyo A dan Kurniasuti.1995. Teknik Kutlur Phytoplankton Zooplankton Pakan Alami untuk Pembenihan Organisme Laut. Kanisius : Yogyakarta
- Isnadina M., R. D. Joni H. 2013. Pengaruh Konsentrasi Bahan Organik, Salinitas, Dan pH Terhadap Laju Pertumbuhan Alga. Seminar Nasional Pascasarjana XIII – ITS, Surabaya 15 Agustus 2013. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.
- Kabinawa, IN.K., D.Susiianingsih, dan N.W.S. Agustini.1994. Produksi Biomassa Mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* dalam skala rumah kaca. (online). (<http://katalog.pdii.lipi.go.id> diakses 11 mei 2010).
- Kushartono. E. W. Suryono dan E. Setianingrum MR. 2009. Aplikasi Perbedaan Komposisi N, P dan K pada Budidaya *Eucheuma cottonii* di Perairan Teluk Awur, Jepara. *Jurnal Ilmu Kelautan* Vol. 14 (3): 164 -169.
- Maf'ulah, H. 2004. Pengaruh Kadar pupuk nitrogen (N_Urea) Terhadap Kandungan Protein dan Lemak Pada *Chlorella* sp. Skripsi.Fakultas Perikanan dan ilmu kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Nugrahaningsih A.K. 2008. Pengaruh Tekanan Osmotik Media Terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup Dan Pertumbuhan Benih Ikan Patin (*Pangasius* Sp.) Pada Salinitas 5 ppt. Skripsi. Program Studi Teknologi Dan Manajemen Akuakultur Departemen Budidaya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.

Prabowo. D. A., 2009. Optimasi Pengembangan Media untuk Pertumbuhan *Chlorella* sp. pada Skala Laboratorium. Skripsi, Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Hal:11-12.

Prinahntini P.B Berta Putri, dan Ratna Yuniati. 2005. Pertumbuhan *Chlorella* Spp. Dalam Medium Ekstrak Tauge (Met) Dengan Variasi pH Awal. Departemen Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia.

Rahmi, D. A., Sumardi, I. Setiawan. 2010. Monitoring Kandungan Karbondioksida (CO₂) Dalam Sebuah Model Ruangan Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535. *Seminar*. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro: Semarang.

Reisya, A.D dan Nurhidayati, 2013. *Pengaruh Kombinasi Konsentrasi Media Ekstrak Tauge (MET) dengan Pupuk Urea Terhadap Kadar Protein Spirulina sp.* Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol.2 No.2(2337-3520). ITS Surabaya.

Sarief, E.S. 1986. Ilmu Tanah Pertanian. Pustaka Buana. Bandung.

Simanjuntak M. 2009. Hubungan Faktor Lingkungan Kimia, Fisika Terhadap Distribusi Plankton Di Perairan Belitung Timur, Bangka Belitung The Correlation Of Environment Factor Chemistry, Physics On Plankton In The East Belitung Waters, Bangka Belitung. *Jurnal Perikanan (J. Fish. Sci.) XI (1): 31-45 ISSN: 0853-6384.*

SNI.2006. Cara Uji Air Minum Dalam Kemasan. SNI 01- 3554-2006.

SNI.2005. Syarat Mutu Pupuk SP-36.SNI 02-3769-2005

Simanjuntak, M. 2009. Hubungan Faktor Lingkungan Kimia, Fisika Terhadap Distribusi Plankton Di Perairan Belitung Timur, Bangka Belitung. *Jurnal Perikanan (J. Fish. Sci.) XI (1): 31-45 ISSN: 0853-6384*

Suantika, Gede., P. Adityawati., D. I. Astuti., Y. Sofyan. 2009. Pengaruh Kepadatan Awal Inokulum Terhadap Kualitas Kultur *Chaetoceros Gracilis* (Schutt) Pada Sistem Batch. *Jurnal Matematika dan Sains 14 (1).*

Subarijanti, H. Umi. 1990. Limnologi. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang.

Subarijanti, H. Umi. 2005. Pemupukan dan Kesuburan Perairan. Fakultas Perikanan . Universitas Brawijaya. Malang.

Subarijanti, H.U. 2000. Ekologi Perairan. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya./ Malang.

Sugiyono dan Amini, S. 2008. Penanganan Biomassa Mikroalgae Jenis *Spirulina platensis* Sebagai Bahan Baku Pangan. Peneliti Balai Besar Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan Perikanan. Jakarta.

- Sumairisa D, R, Jatnika, Tb, Bentino, Kurnani dan M, W, Lewaru. 2011. Perbaikan Kualitas Limbah Cair Peternakan Sapi Perah Oleh *Spirulina* sp. Jurnal Akuatik Volume II Nomor 2. ISSN 0853 – 2523.
- Suminto, 2009. Penggunaan Jenis Media Kultur Teknis Terhadap Produksi Dan Kandungan Nutrisi Sel *Spirulina Platensis*. Jurnal Saintek Perikanan (4) (2): Hal 53-61.
- Susana. T. 1988. Karbondioksida. *Oseana* 13(1): 1-11.
- Sutedjo, M. 2008. Pupuk dan Pemupukan. Rineka Cipta : Jakarta.
- Utomo N.B.P , Winarti, & 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.
- Wicaksono G. 2014. Artikel Ilmiah Skripsi. Pengaruh Pemberian Spektrum Cahaya Berbeda Terhadap Kandungan Klorofil *Spirulina* Sp. Fakultas Perikanan Dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya.
- Widianingsih Ali R, Retno H , Harmoko. 2008. Kandungan Nutrisi *Spirulina platensis* yang Dikultur pada Media yang Berbeda. Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Vol. 13 (3) : 167 – 170.
- Widianingsih, R. Hartati., H. Endrawati., E. Yudiati., V. R. Iriani. 2011. Pengaruh Pengurangan Konsentrasi Nutrien Fosfat dan Nitrat Terhadap Kandungan Lipid Total *Nannochloropsis oculata*. Jurnal Ilmu Kelautan, Vol. 16 No. 1 : 24-29
- Wijoseno, T. 2011. Uji Pengaruh Variasi Media Kultur Terhadap Tingkat Pertumbuhan Dan Kandungan Proein Lipid, Klorofil, Dan Karotenoid Pada Mikroalga *Chlorella vulgaris* Buitenzorg. Skripsi. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok
- Yarti, N, Moh. Muhaemin dan Siti H. 2014. Pengaruh Salinitas Dan Nitrogen Terhadap Kandungan Protein Total *Nannochloropsis* sp. e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan Volume II No 2.
- Yudiati, E, Sri S, Sunarsih dan Rani A. 2011. Aktivitas Antioksidan dan Toksisitas Ekstrak Metanol dan Pigmen Kasar *Spirulina* sp. Ilmu Kelautan Vol. 16 (4) 187-192.

Lampiran 1. data kelimpahan *spirulina* sp.

Perlakuan	Hari Ke						total
	1	2	3	4	5	6	
K1	140	170	209	250	350	460	1579
K2	110	130	170	220	280	510	1420
K3	190	300	350	440	600	700	2580
jumlah	440	600	729	910	1230	1670	5579
rata-rata	147	200	243	303	410	557	1860
A1	75	110	122	175	197	270	949
A2	120	150	140	200	370	250	1230
A3	200	170	200	280	450	190	1490
jumlah	395	430	462	655	1017	710	3669
rata-rata	132	143	154	218	339	237	1223
B1	80	138	140	147	550	448	1503
B2	190	170	200	280	306	230	1376
B3	205	360	405	460	330	160	1920
jumlah	475	668	745	887	1186	838	4799
rata-rata	158	223	248	296	395	279	1600
C1	190	230	290	320	440	660	2130
C2	250	330	460	560	620	720	2940
C3	300	360	520	680	770	800	3430
jumlah	740	920	1270	1560	1830	2180	8500
rata-rata	247	307	423	520	610	727	2833
Total							22547

Lampiran 2.Rancangan Acak Lengkap Tersarang Terhadap Kelimpahan *spirulina* sp. (sel/ml)

Perlakuan	ulangan	Hari Ke						JUMLAH	TOTAL
		1	2	3	4	5	6		
A	1	75	110	122	175	197	270	949	3669
	2	120	150	140	200	370	250	1230	
	3	200	170	200	280	450	190	1490	
Σ waktu		395	430	462	655	1017	710		
B	1	80	138	140	147	550	448	1503	4799
	2	190	170	200	280	306	230	1376	
	3	205	360	405	460	330	160	1920	
Σ waktu		475	668	745	887	1186	838		
C	1	190	230	290	320	440	660	2130	8500
	2	250	330	460	560	620	720	2940	
	3	300	360	520	680	770	800	3430	
Σ waktu		740	920	1270	1560	1830	2180		
Total								16968	

Lampiran 2. Lanjutan

Perhitungan Data kelimpahan *spirulina* sp.

$$FK = \frac{\sum Y_{ijk}^2}{abn} = \frac{287913024^2}{3 \times 6 \times 3} = 5331722,67$$

$$JKT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - FK$$

$$= (75^2 + \dots + 770 + 800) - 5331722,67$$

$$= 1835963$$

$$JKP = \sum_{i=1}^a \frac{y_i^2 \dots}{bn} - FK$$

$$= \frac{3669^2 + 4799 + 8500^2}{6 \times 3} - 29509,3$$

$$= 709497$$

$$JKW(A) = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij}^2 \dots}{n} - \frac{y_i^2 \dots}{bn}$$

$$= \frac{395^2 + 430^2 + \dots + 1017^2 + 710^2}{3} - \frac{3669^2}{6 \times 3}$$

$$= 92730$$

$$JKW(B) = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij}^2 \dots}{n} - \frac{y_i^2 \dots}{bn}$$



$$= \frac{475^2 + 668^2 + \dots + 1186^2 + 838^2}{3} - \frac{4799^2}{6 \times 3}$$

$$= 94679$$

$$JKW(C) = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij}^2}{n} - \frac{y_i^2}{bn}$$

$$= \frac{740^2 + 920^2 + \dots + 1830^2 + 2180^2}{3} - \frac{8500^2}{6 \times 3}$$

$$= 500044$$

$$JKW(p) = JKW(A) + JKW(B) + JKW(C)$$

$$= 92730 + 94679 + 500044$$

$$= 687,453$$

$$JKG = JKT - JKP - JKW(p)$$

$$= 1835963 - 709497 - 687453$$

$$= 438997$$

Analisis sidik ragam kelimpahan *spirulina* sp.

SK	DB	JK	KT	Fhit	Ftabel	
					5%	1%
Perlakuan	3-1=2	709497	354748,72	29,09	3,26	5,25
Waktu dalam perlakuan	3(6-1)=15	709497	47299,83	3,88	1,95	2,58
Galat	3x6(3-1)=36	438997	12194,37			
Total	(3x6x3)-1=53					

Keterangan : * (berbeda nyata)
 ** (berbeda sangat nyata)

Hasil analisis sidik ragam F Tabel 5% (3.26) < F hitung (29,09) > F Tabel 1% (5,25) dapat diketahui bahwa pemberian pupuk urea berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan *spirulina* sp. itu berarti terima H1 artinya dengan pemberian pupuk urea pada *spirulina* sp. dengan dosis yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan *spirulina* sp. kemudian dilanjutkan uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Sedangkan dalam waktu perlakuan F tabel 5% (1,95) < F hitung (3,88) > F tabel 1% (2,58) dapat diambil kesimpulan

bahwa waktu dalam perlakuan dengan pemberian pupuk urea juga memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan spirulina sp.

➤ Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Kelimpahan spirulina sp(10^4) sel/ml

$$\begin{aligned} \text{SED} &= \frac{\sqrt{2KTG}}{bn} \\ &= 36,81 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BNT 5\%} &= t \text{ Tabel 5\%} \times \text{SED} \\ &= 2,03 \times 36,81 \\ &= 74,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BNT 1\%} &= t \text{ Tabel 1\%} \times \text{SED} \\ &= 2,72 \times 36,81 \\ &= 100,10 \end{aligned}$$

BNT (Beda Nyata Terkecil), untuk mengetahui pengaruh perlakuan pupuk urea dengan dosis yang berbeda terhadap pertumbuhan *spirulina* sp.

Perlakuan	Kepadatan	1223	1600	2833	notasi
A	1223				a
B	1600	377			b
C	2833	1610	1234		c

Dari hasil uji BNT dilihat bahwa kelimpahan *spirulina* sp. pada perlakuan pemberian pupuk urea dengan dosis 80 ppm, 100 ppm dan 120 ppm, memberikan pengaruh yang berbeda terhadap hasil kelimpahan *Spirulina* sp. dapat dilihat dari hasil uji BNT dosis yang terbaik terdapat pada perlakuan C (120 ppm) dibandingkn dengan perlakuan dosis yang lainnya.

Lampiran 3. Laju Pertumbuhan *spirulina* sp.

Perlakuan	Ulangan	Hari Ke-				
		1	2	3	4	5
A	1	0,38299	0,05177	0,12025	0,0296	0,06304
	2	0,22314	-0,03450	0,11889	0,15380	-0,07841
	3	-0,16252	0,08126	0,11216	0,11861	-0,17244
rata-rata		0,049	0,011	0,039	0,034	-0,021
B	1	0,54523	0,00719	0,01626	1,31949	-0,04103
	2	-0,11123	0,08126	0,12926	0,11914	-0,05710
	3	0,56309	0,05889	0,04245	-0,33213	-0,14478
rata-rata		0,111	0,016	0,021	0,123	-0,027
C	1	0,19106	0,11590	0,03281	0,07961	0,08109
	2	0,27763	0,33213	0,06557	0,02545	0,02991
	3	0,18232	0,18386	0,08942	0,03107	0,00764
rata-rata		0,0723	0,2106	0,0626	0,0454	0,0395



Lampiran 4. Analisis Pembentukan Protein Per Sel *Spirulina* sp.

Perlakuan	Hari-						Rata-rata
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	
A1	$1,46 \times 10^{-7}$	$9,93 \times 10^{-7}$	$8,96 \times 10^{-7}$	$6,24 \times 10^{-7}$	$5,55 \times 10^{-7}$	$4,05 \times 10^{-7}$	$5,79 \times 10^{-7}$
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	$2,98 \times 10^{-7}$	$3,51 \times 10^{-7}$	$2,98 \times 10^{-7}$	$2,13 \times 10^{-7}$	$1,32 \times 10^{-7}$	$3,14 \times 10^{-7}$	$2,68 \times 10^{-7}$
Total	$2,98 \times 10^{-7}$	$1,34 \times 10^{-7}$	$1,19 \times 10^{-7}$	$8,37 \times 10^{-7}$	$6,87 \times 10^{-7}$	$7,18 \times 10^{-7}$	$8,45 \times 10^{-7}$
Rata-rata	$9,94 \times 10^{-7}$	$4,48 \times 10^{-7}$	$3,98 \times 10^{-7}$	$2,79 \times 10^{-7}$	$2,29 \times 10^{-7}$	$2,39 \times 10^{-7}$	$2,82 \times 10^{-7}$
B1	$2,44 \times 10^{-10}$	$1,41 \times 10^{-10}$	$1,39 \times 10^{-10}$	$1,33 \times 10^{-10}$	$3,54 \times 10^{-11}$	$4,35 \times 10^{-10}$	$1,23 \times 10^{-10}$
B2	$9,75 \times 10^{-11}$	$1,09 \times 10^{-11}$	$9,26 \times 10^{-11}$	$6,61 \times 10^{-11}$	$6,05 \times 10^{-11}$	$8,05 \times 10^{-11}$	$8,44 \times 10^{-11}$
B3	0	0	0	0	0	0	0
Total	$3,41 \times 10^{-10}$	$2,50 \times 10^{-10}$	$2,32 \times 10^{-10}$	$1,99 \times 10^{-10}$	$9,60 \times 10^{-11}$	$1,24 \times 10^{-10}$	$2,07 \times 10^{-11}$
Rata-rata	$1,141 \times 10^{-10}$	$8,34 \times 10^{-11}$	$7,73 \times 10^{-11}$	$6,63 \times 10^{-11}$	$3,20 \times 10^{-11}$	$4,13 \times 10^{-11}$	$6,90 \times 10^{-11}$
C1	$1,43 \times 10^{-11}$	$1,18 \times 10^{-10}$	$9,34 \times 10^{-11}$	$8,46 \times 10^{-11}$	$6,16 \times 10^{-11}$	$4,10 \times 10^{-11}$	$9,02 \times 10^{-11}$
C2	$9,94 \times 10^{-11}$	$7,53 \times 10^{-11}$	$5,40 \times 10^{-11}$	$4,44 \times 10^{-11}$	$4,01 \times 10^{-11}$	$3,45 \times 10^{-11}$	$5,80 \times 10^{-11}$
C3	$2,97 \times 10^{-11}$	$2,48 \times 10^{-11}$	$1,71 \times 10^{-11}$	$1,31 \times 10^{-11}$	$1,16 \times 10^{-11}$	$1,11 \times 10^{-11}$	$1,79 \times 10^{-11}$
Total	$2,72 \times 10^{-11}$	$2,18 \times 10^{-10}$	$1,65 \times 10^{-10}$	$1,42 \times 10^{-10}$	$1,13 \times 10^{-11}$	$8,67 \times 10^{-10}$	$1,66 \times 10^{-10}$
Rata-rata	$9,06 \times 10^{-11}$	$7,26 \times 10^{-11}$	$5,49 \times 10^{-11}$	$4,74 \times 10^{-11}$	$3,77 \times 10^{-11}$	$2,89 \times 10^{-11}$	$5,53 \times 10^{-11}$



Lampiran 5. Perhitungan Dosis Pupuk• **Dosis 80 ppm**

$$\frac{100}{46} \times 80 \text{ ppm}$$

$$2,17 \times 80 \text{ ppm} = 173,6$$

$$5\text{L} \times 173,6 \text{ mg/L} = 868 \text{ mg}$$

• **Dosis 100 ppm**

$$\frac{100}{46} \times 100 \text{ ppm}$$

$$2,17 \times 100 \text{ ppm} = 217,3$$

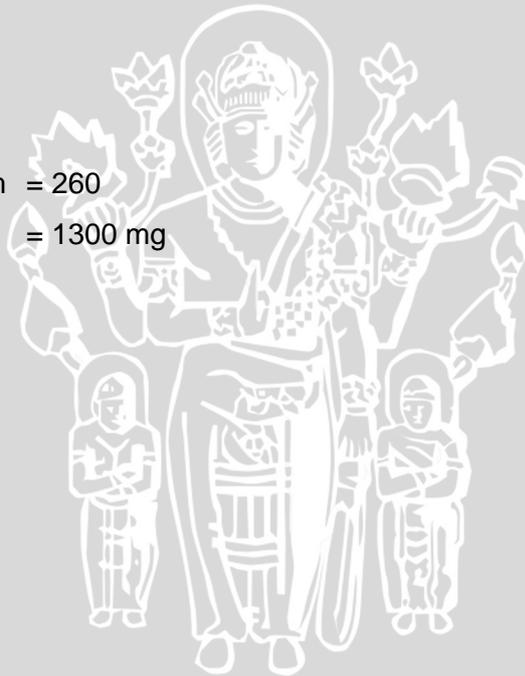
$$5\text{L} \times 217,3 \text{ mg/L} = 1086.5 \text{ mg}$$

• **Dosis 120 ppm**

$$\frac{100}{46} \times 120 \text{ ppm}$$

$$2,17 \times 120 \text{ ppm} = 260$$

$$5\text{L} \times 260 = 1300 \text{ mg}$$



Lampiran 6. Pengamatan Suhu Air ($^{\circ}\text{C}$) Kultur *Spirulina* sp.

Perlakuan	Hari Ke-						RATA-RATA
	1	2	3	4	5	6	
A1	25	28	27	27	29	27	27
A2	25	28	27	27	29	27	27
A3	25	28	27	27	29	27	27
Rata-rata A	25	28	27	27	29	27	27
B1	25	27	28	27	28	29	27
B2	25	27	28	27	28	29	27
B3	25	27	28	27	28	29	27
Rata-rata B	25	27	28	27	28	29	27
C1	26	27	29	28	28	27	27
C2	26	27	29	28	28	27	27
C3	26	27	29	28	28	27	27
Rata-rata C	26	27	29	28	28	27	27



Lampiran 7. Pengamatan pH Air Kultur *Spirulina* sp.

perlakuan	Hari Ke-						RATA-RATA
	1	2	3	4	5	6	
A1	7,5	8,4	8,5	7,1	7,5	8,3	7,88
A2	7,5	8,4	8,4	8,5	7,5	8,3	8,1
A3	7,6	7,6	7,4	8	8,4	8,3	7,88
Rata-rata A	7,53	8,13	8,1	7,87	7,8	8,3	7,96
B1	7,6	8,3	7,6	7,5	7,3	8,4	7,78
B2	7,6	8,4	7,5	7,4	7,4	7,6	7,65
B3	7,8	8,4	7,5	7,3	7,4	7,5	7,65
Rata-rata B	7,67	8,37	7,53	7,4	7,37	7,83	7,69
C1	7,4	8,5	8,9	7,6	7,7	8,6	8,12
C2	7,5	7,4	7,5	7,4	7,5	8,3	7,6
C3	7,5	7,4	7,5	7,5	7,5	8,3	7,62
Rata-rata C	7,47	7,77	H	7,5	7,57	8,4	7,78



Lampiran 8. Pengamatan Salinitas Kultur *Spirulina* sp.

perlakuan	Hari Ke-						RATA-RATA
	1	2	3	4	5	6	
A1	34	35	34	34	34	35	34,33
A2	34	34	35	34	34	35	34,33
A3	34	34	35	34	34	35	34,33
Rata-rata A	34	34	35	34	34	35	34,33
B1	34	35	35	34	34	34	34,33
B2	31	35	34	34	34	35	33,83
B3	35	33	34	34	33	35	34
Rata-rata B	33	34	34	34	34	35	34,06
C1	34	34	35	34	34	34	34,17
C2	34	34	34	34	34	34	34
C3	33	34	34	32	34	34	33,5
Rata-rata C	34	34	34	33	34	34	33,89

Lampiran 9. Pengamatan DO Kultur *Spirulina* sp.

perlakuan	Hari Ke-						RATA-RATA
	1	2	3	4	5	6	
A1	8,3	7,2	7,3	8,3	8,3	6,5	7,67
A2	6,9	6,8	7,1	6,8	7,5	7,2	7,05
A3	7,5	7,4	7,3	7,6	7,7	7,2	7,44
Rata-rata A	7,6	7,1	7,3	7,5	7,8	7	7,39
B1	8,6	7,3	7,4	8,5	8,3	6,6	7,76
B2	8,6	7,9	7,1	8,5	7,1	7,7	7,79
B3	7,8	7,7	7,9	7,7	7,9	8,1	7,86
Rata-rata B	8,3	7,6	7,4	8,2	7,8	7,5	7,8
C1	8,8	7,4	7,4	8,3	8,3	6,6	7,81
C2	7,8	7,8	7,4	7,8	7,4	6,6	7,48
C3	7,4	7,8	7,2	7,8	7,7	7,9	7,63
Rata-rata C	8	7,7	7,3	8	7,8	7,1	7,64

Lampiran 10. Pengamatan Nitrat Kultur *Spirulina* sp.

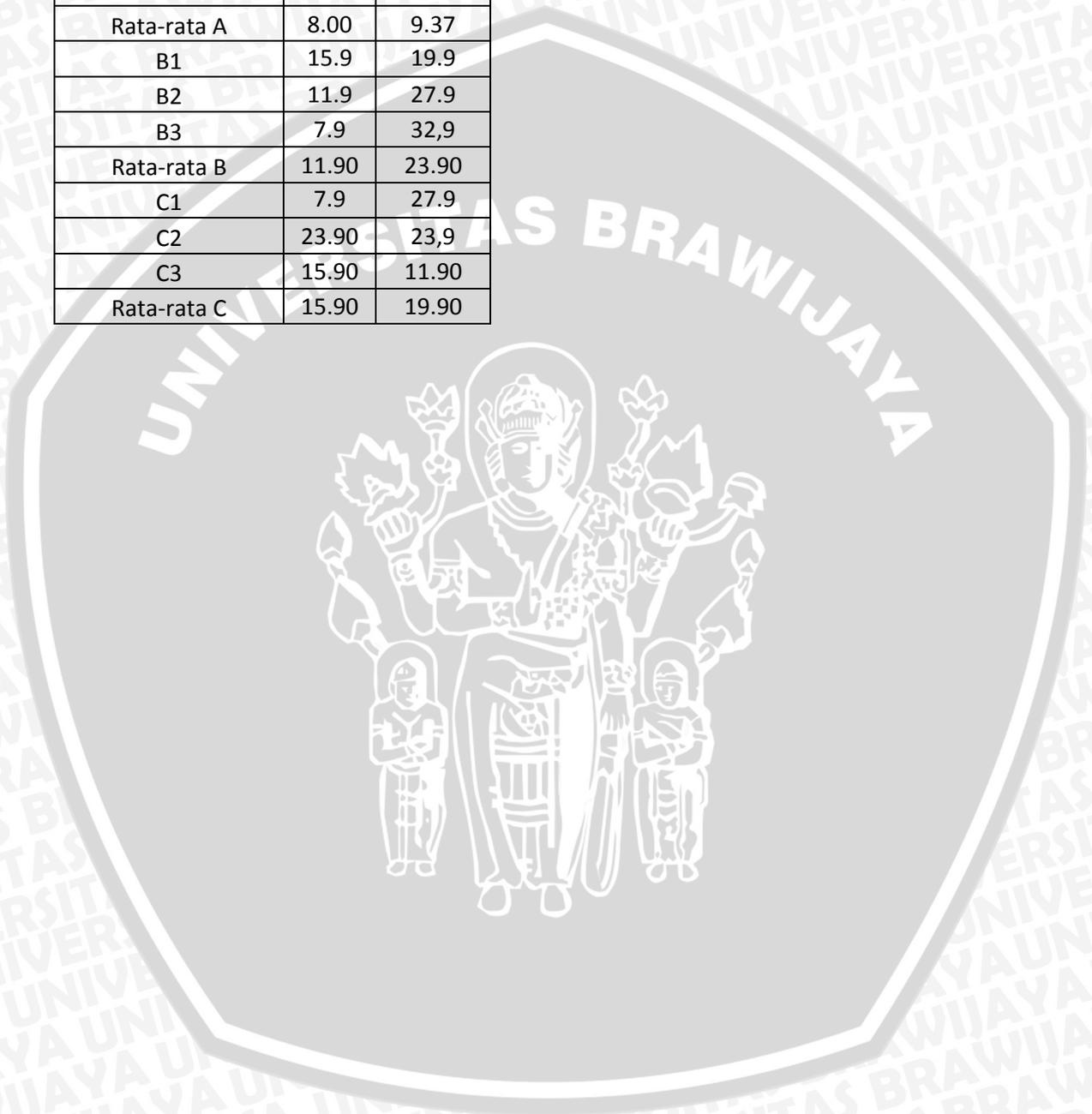
Perlakuan	Hari Ke	
	1	6
A1	0.473	0.375
A2	0.570	0.410
A3	0.442	0.383
Rata-rata A	0.495	0.389
B1	0.503	0.421
B2	0.501	0.418
B3	0.501	0.364
Rata-rata B	0.502	0.401
C1	0.382	0.360
C2	0.376	0.357
C3	0.385	0.354
Rata-rata C	0.381	0.354

Lampiran 11. Pengamatan Orthofosfat Kultur *Spirulina* sp.

perlakuan	Hari Ke	
	1	6
A1	0.54	0.26
A2	0.53	0.25
A3	0.55	0.22
Rata-rata A	0.54	0.24
B1	0.52	0.18
B2	0.53	0.16
B3	0.58	0.16
Rata-rata B	0.55	0.17
C1	0.52	0.04
C2	0.55	0.04
C3	0.55	0.06
Rata-rata C	0.54	0.05

Lampiran 12. Pengamatan CO₂ Kultur *Spirulina* sp.

Perlakuan	Hari Ke	
	1	6
A1	7.9	11.9
A2	8.3	8.3
A3	7.8	7.9
Rata-rata A	8.00	9.37
B1	15.9	19.9
B2	11.9	27.9
B3	7.9	32.9
Rata-rata B	11.90	23.90
C1	7.9	27.9
C2	23.90	23.9
C3	15.90	11.90
Rata-rata C	15.90	19.90



Lampiran 13. Dokumentasi Penelitian



Bibit *Spirulina* sp.



Aerator



Batu Aerator



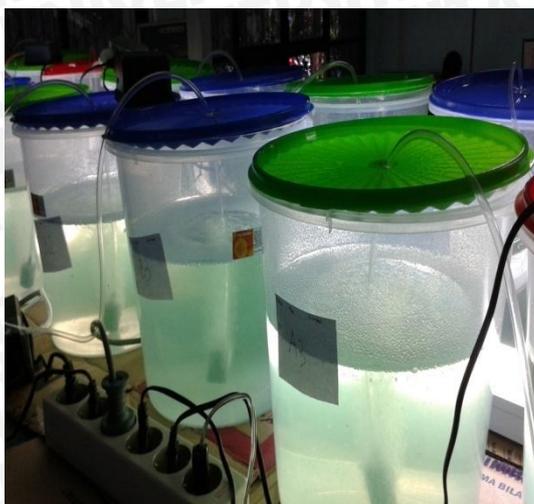
Kabel Rol



Pengamatan *Spirulina* Sp.



Pemberian Pupuk



Toples Pengamatan *Spirulina* sp.



Pengukuran sampel



Lampiran 14. Hasil Uji Protein



LABORATORIUM PENGUJIAN MUTU dan KEAMANAN PANGAN
(Testing Laboratory of Food Quality and Food Safety)
JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Jl. Veteran, Malang 65145, Telp/Fax. (0341) 573358
E-mail : labujipangan_thpub@yahoo.com

KEPADA : Lutfi Yuanda Gusti Apri
TO FPIK - UB
MALANG

LAPORAN HASIL UJI
REPORT OF ANALYSIS

Nomor / Number : 0217/THP/LAB/2015
Nomor Analisis / Analysis Number : 0217
Tanggal penerbitan / Date of issue : 07 April 2015
Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan, bahwa hasil pengujian
The undersigned ratifies that examination
Dari contoh / of the sample (s) of : Spirulina, sp.
Untuk analisis / For analysis :
Keterangan contoh / Description of sample :
Diambil dari / Taken from :
Oleh / By :
Tanggal penerimaan contoh / Received : 10 Maret 2015
Tanggal pelaksanaan analisis / Date of analysis : 10 Maret 2015
Hasil adalah sebagai berikut / Resulted as follows :

Kode	Protein (%)
A1	0,53
A3	0,31
B1	0,93
B2	0,70
C1	1,37
C2	1,63
C3	0,26

HASIL PENGUJIAN INI HANYA BERLAKU UNTUK CONTOH-CONTOH TERSEBUT DI ATAS. PENGAMBIL CONTOH BERTANGGUNG JAWAB ATAS KEBENARAN TANDING BARANG

Ketua Jurusan THP,



Agus K. Wardani, STP., M.Si., PhD
NIP. 19690807 199702 2 001

