

**PEMBERIAN CAMPURAN DOSIS PUPUK UREA DAN PUPUK SP 36  
TERHADAP KANDUNGAN PROTEIN KULTUR SEL *Spirulina* sp.**

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**ROSALIA WAROMI**

**NIM.115080106111001**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2015**

**PEMBERIAN CAMPURAN DOSIS PUPUK UREA DAN PUPUK SP 36  
TERHADAP KANDUNGAN PROTEIN KULTUR SEL *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 :

**ROSALIA WAROMI**

**NIM.115080106111001**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2015**

PEMBERIAN CAMPURAN DOSIS PUPUK UREA DAN PUPUK SP 36  
TERHADAP KANDUNGAN PROTEIN KULTUR SEL *Spirulina* sp.

Oleh :

ROSALIA WAROMI

NIM.11508010611001

Telah dipertahankan didepan penguji  
pada tanggal 13 Agustus 2015  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat  
SK Dekan No. : \_\_\_\_\_  
Tanggal : \_\_\_\_\_

Menyetujui,

Dosen Penguji I

Ir. Sri Sudaryanti, MS

NIP. 19601009 198602 2 001

Tanggal :

Dosen Penguji II

Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS

NIP: 19591230 198503 2 002

Tanggal :

Dosen Pembimbing I

Dr. 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. Arning Wilujeng Ekawati, MS

NIP. 19620805 198603 02 001

Tanggal:

## PERNYATAAN ORISINALITAS

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

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

Malang, 13 Agustus 2015

Mahasiswa

Rosalia Waromi



## UCAPAN TERIMA KASIH

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

1. My Bless the Lord Jesus Christ is always good in all the time and in my life is everyday because when My Jesus say yes nobody can't say no.
2. Ibu Dr. Uun Yanuhar, S.Pi., M.Si selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan arahan, bimbingan, saran, motivasi dan semangat kepada penulis untuk terus berdoa, belajar dan berjuang.
3. Ibu Ir. Sri Sudaryanti, MS selaku dosen penguji I dan Ibu Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS selaku dosen penguji II, yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat guna penyempurnaan laporan skripsi ini;
4. My big family Waromi doxem hill always forever, Bapa Dicky Waromi, Bapa Piter Waromi and special people, she's who give all offer life for me, yes she's My mom's Yustina Christine Waromi, SE, MM yang selalu menjadi motivasi dan memberikan dukungan doa, semangat, cinta dan kasih sayang.
5. Pemerintah Provinsi Papua (Biro SDM) papua yang telah memberikan bantuan dan dukungan yang luar biasa (Beasiswa) bagi anak-anak papua untuk dapat menempuh pendidikan setinggi mungkin dan membangun papua demi hormat dan kemuliaan nama Tuhan.

;

Malang, 13 Agustus 2015

Rosalia Waromi

## RINGKASAN

**Rosalia Waromi.** Pemberian Campuran Dosis Pupuk Urea Dan Pupuk SP 36 Terhadap Kandungan Protein Kultur Sel *Spirulina* sp. Di bawah bimbingan **Dr. Uun Yanuhar, S.Pi., M.Si** dan **Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS.**

*Spirulina* sp. merupakan makhluk hidup autotrof berwarna kehijauan, kebiruan, dengan sel berkolom membentuk filamen terpilin menyerupai spiral (*helix*) sehingga disebut juga alga biru hijau berfilamen (Cyanobacterium). Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui dosis optimum yang diperlukan untuk kelimpahan dan kandungan protein kultur sel *Spirulina* sp. serta mengetahui pengaruh pemberian campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 yang berbeda terhadap kandungan protein kultur sel *Spirulina* sp. Pelaksanaan penelitian ini adalah selama bulan Februari sampai April 2015. Penelitian ini dilaksanakan di tiga Laboratorium yaitu : Laboratorium Reproduksi, Pemuliaan dan Pembenihan Ikan, Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Perikanan, Laboratorium Keamanan Pangan Fakultas Teknologi Pertanian (FTP) Universitas Brawijaya Malang Jawa Timur. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana yang terdiri atas tiga perlakuan dan tiga kali ulangan, media kultur *Spirulina* sp. menggunakan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36. yang terdiri dari 3 perlakuan dan 3 ulangan yaitu P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l). Campuran 120 mg/l pupuk urea dan 20 mg/l pupuk SP 36 selama 6 hari pemeliharaan dapat menghasilkan kelimpahan *Spirulina* sp. tertinggi 4,056,190.48 sel/ml, kemudian kelimpahan terendah di peroleh pada campuran 80 mg/l pupuk urea dan 20 mg/l pupuk SP 36 yaitu 2,502,857.14 sel/ml. Campuran pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l menghasilkan kandungan protein tertinggi sebesar 1.64 % dan campuran 80 mg/l pupuk urea dan 20 mg/l pupuk SP 36 menghasilkan protein yang terendah yaitu : 1.08 %. Pada pemeliharaan *Spirulina* sp. jika di inginkan kelimpahan dan kadar protein tertinggi disarankan menggunakan campuran pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l dengan masa pemeliharaan selama 6 hari.

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala anugerah dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyajikan laporan Skripsi yang berjudul "**Pemberian Campuran Dosis Pupuk Urea Dan Pupuk SP 36 Terhadap Kandungan Protein Kultur Sel *Spirulina* sp.**". Laporan skripsi ini membahas, antara lain Bab 1 Pendahuluan, Bab 2 Tinjauan Pustaka, Bab 3 Metode Penelitian, Bab 4 Hasil dan Pembahasan, dan Bab 5 Kesimpulan dan Saran.

Sangat disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki oleh penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kekurangan dan ketepatan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini. Penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat dalam menambah pengetahuan dan memberikan informasi bagi pihak-pihak yang berminat dan membutuhkannya.

Malang, 13 Agustus 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>PERNYATAAN ORSINALITAS .....</b>	<b>i</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>ii</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Hipotesis .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Waktu dan Tempat .....	5
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Morfologi dan Klasifikasi Mikroalga <i>Spirulina</i> sp. ....	6
2.2 Pertumbuhan Mikroalga .....	8
2.3 Manfaat <i>Spirulina</i> sp.....	11
2.4 Pupuk Urea dan Pupuk SP 36 .....	12
2.4.1 Pupuk Urea .....	12
2.4.2 Pupuk SP 36 .....	14
2.5 Mekanisme Transportasi Nitrogen dan Fosfor .....	14
2.5.1 Mekanisme Transportasi Nitrogen .....	15
2.5.1 Mekanisme Transportasi Fosfor .....	17
2.6 Protein .....	18
2.7 Parameter Kualitas Air .....	20
2.7.1 Suhu .....	20
2.7.2 Derajat Keasaman (pH) .....	21
2.7.3 DO ( <i>Dissolved Oxygen</i> ) .....	21
2.7.4 Salinitas.....	22
2.7.5 Karbondioksida (CO <sub>2</sub> ) .....	23
2.7.6 Nitrat .....	24
2.7.7 Orthofosfat .....	24
<b>3. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Materi Penelitian .....	25
3.2 Alat dan Bahan .....	25
3.2.1 Alat .....	25
3.2.2 Bahan .....	26
3.3 Metode Penelitian .....	26
3.4 Rancangan Penelitian .....	27
3.5 Prosedur Penelitian .....	30
3.5.1 Sterilisasi Alat dan Media .....	30
3.5.1.1 Mensterilisasi Alat .....	30
3.5.1.2 Sterilisasi Air Laut .....	30



3.5.2 Persiapan Penelitian .....	31
3.5.2.1 Persiapan Wadah dan Peralatan Penunjang Lainnya .....	31
3.5.2.2 Persiapan Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	31
3.5.2.3 Persiapan Bibit dan Laju Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp. ....	32
3.5.3 Pelaksanaan Penelitian .....	32
3.6 Parameter Uji .....	33
3.6.1 Parameter Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	34
3.6.2 Analisa Kadar Protein .....	37
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	39
4.1.1 Suhu .....	39
4.1.2 Derajat Keasaman (pH) .....	42
4.1.3 Oksigen Terlarut .....	44
4.1.4 Salinitas .....	47
4.1.5 Karbondioksida (CO <sub>2</sub> ) .....	50
4.1.6 Nitrat .....	52
4.1.7 Orthofosfat .....	54
4.2 Kelimpahan Sel <i>Spirulina</i> sp. ....	57
4.3 Laju Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp. ....	66
4.4 Hasil Protein Mikroalga <i>Spirulina</i> sp. ....	69
4.5. Analisis Data Kelimpahan <i>Spirulina</i> sp. ....	71
4.5.1 Uji Anova Perlakuan .....	71
4.5.2 Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Perlakuan .....	72
4.5.3 Hubungan antara Kelimpahan dan Protein Mikroalga <i>Spirulina</i> sp. ....	74
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	76
5.2 Saran .....	76
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>77</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>85</b>

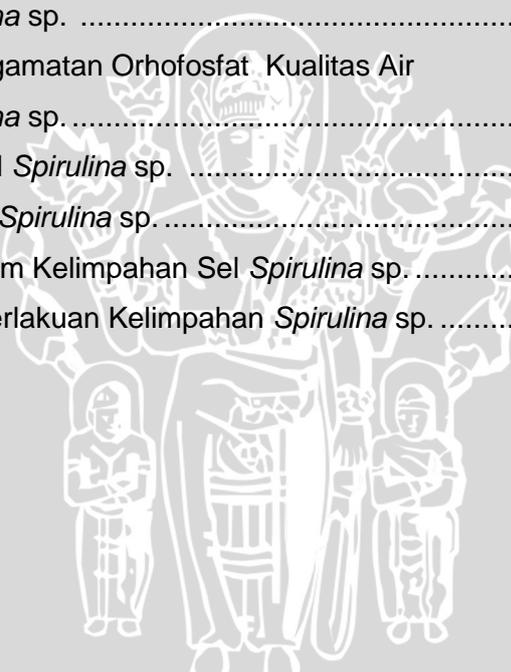


## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. <i>Spirulina</i> sp. Pembesaran 100x (Dokumentasi Penelitian, 2015) .....	7
2. Kurva Pertumbuhan Mikroalga .....	9
3. Siklus hidup <i>Spirulina</i> sp. ....	10
4. Mekanisme Perombakan Nitrogen Menjadi Protein .....	15
5. Mekanisme Siklus Fosfor .....	17
6. Rancangan Percobaan Penelitian Utama .....	28
7. Data Hasil Rata-rata Suhu Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	41
8. Data Hasil Rata-rata pH Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	44
9. Data Hasil Rata-rata DO Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	46
10. Data Hasil Rata-rata Salinitas Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	49
11. Data Hasil Rata-rata CO <sub>2</sub> Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	51
12. Data Hasil Rata-rata Nitrat Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	53
13. Data Hasil Rata-rata Orthofosfat Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	56
14. Hasil Kelimpahan Sel <i>Spirulina</i> sp. ....	61
15. Pengamatan Sel <i>Spirulina</i> sp. Perlakuan P1, P2 dan P3 .....	63
16. Morfologi <i>Spirulina</i> .....	65
17. Pengamatan Rata-rata Laju Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp. ....	68
18. Hasil Protein Mikroalga <i>Spirulina</i> sp. ....	70
19. Hubungan Kelimpahan dan Protein <i>Spirulina</i> sp. ....	74

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rancangan Percobaan Penelitian Utama .....	28
2. Rata-rata Pengamatan Suhu Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	39
3. Rata-rata Pengamatan pH Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	42
4. Rata-rata Pengamatan DO Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	45
5. Rata-rata Pengamatan Salinitas Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ..	47
6. Hasil Rata-rata Pengamatan CO <sub>2</sub> Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	50
7. Hasil Rata-rata Pengamatan Nitrat Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	52
8. Hasil Rata-rata Pengamatan Orhofosfat Kualitas Air Media Kultur <i>Spirulina</i> sp. ....	54
9. Data Kelimpahan sel <i>Spirulina</i> sp. ....	57
10. Laju Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp. ....	67
11. Analisis Sidik Ragam Kelimpahan Sel <i>Spirulina</i> sp. ....	72
12. Analisis Uji BNT Perlakuan Kelimpahan <i>Spirulina</i> sp. ....	73



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Dosis Pupuk .....	85
2. Perhitungan Stok Bibit <i>Spirulina</i> sp. ....	85
3. Perhitungan Kelimpahan Sel <i>Spirulina</i> dengan Menggunakan RAL Tersarang .....	86
4. Tabel Analisa Sidik Ragam Kelimpahan Sel <i>Spirulina</i> sp. ....	86
5. Perhitungan Beda Nyata Terkecil (BNT) .....	87
6. Data Kandungan Protein <i>Spirulina</i> sp. ....	88
7. Data Hasil Pengukuran Suhu (°C) .....	89
8. Data Hasil Pengukuran Derajat Keasaman (pH) .....	90
9. Data Hasil Pengukuran Oksigen Terlarut (mg/l) .....	91
10. Data Hasil Pengukuran Salinitas (‰) .....	92
11. Data Hasil Pengukuran Karbondioksida (mg/l) .....	92
12. Data Hasil Pengukuran Nitrat (mg/l) .....	93
13. Data Hasil Pengukuran Orthofosfat (mg/l) .....	93
14. Gambar Pengamatan Selama Penelitian .....	94

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mikroalga merupakan mikroorganisme prokariotik atau eukariotik yang dapat berfotosintesis dan dapat tumbuh cepat pada kondisi tertentu. Semua jenis mikroalga memiliki komposisi kimia sel yang terdiri dari protein, asam nukleat, karbohidrat dan lipid. Mikroalga juga mengandung bahan-bahan organik seperti polisakarida, hormon, vitamin, mineral dan juga senyawa metabolit sekunder. Mikroalga sudah lama dikenal sebagai sumber protein dalam budidaya larva udang ataupun ikan dan sebagai suplemen makanan bagi manusia. Pemanfaatan mikroalga dalam bidang farmakologi meliputi antibakteri, antioksidan, antijamur, dan antivirus (Norbawa *et al.*, 2013).

*Spirulina* sp. merupakan makhluk hidup autotrof berwarna kehijauan, kebiruan, dengan sel berkolom membentuk filamen terpilin menyerupai spiral (*helix*) sehingga disebut juga alga biru hijau berfilamen (Cyanobacterium). Bentuk tubuh *Spirulina* sp. yang menyerupai benang merupakan rangkaian sel yang berbentuk silindris dengan dinding sel yang tipis, berdiameter 1–12 mikrometer. Filamen *Spirulina* hidup berdiri sendiri dan dapat bergerak bebas (Hariyati, 2008). *Spirulina* sp. berasal dari golongan Cyanophyta atau alga hijau biru. *Spirulina* sp. mempunyai kandungan protein 60–71 % (dari berat kering), lemak 8 %, karbohidrat 16 %, vitamin 1,6 %, *chlorophyll-a* 18 %, *C-phycocyanin* 17 %,  $\beta$ -*carotene* 17 % dan 2030 %  $\gamma$ -*linoleic* (dari total as.lemak). mikroalga *Spirulina* sp. memiliki kandungan nutrisi yang baik seperti kandungan vitamin dan mineral sehingga digunakan sebagai bahan makanan kesehatan. Beberapa fungsi dari *Spirulina* diantaranya dapat meningkatkan aktivitas antivirus,

mengurangi kadar kolesterol dalam tubuh manusia, menjaga sistem imunitas tubuh atau sebagai antioksidan dan lain sebagainya (Kusdarwati *et al.*, 2011).

Kemudian, pertumbuhan mikroalga sangat berkaitan dengan ketersediaan unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro yaitu: N, P, K, S, Na, Si, Ca, Unsur hara mikro yaitu: Fe, Zn, Mn, Cu, Mg, Mo, Co, B. Selain itu kondisi lingkungan seperti cahaya, suhu, tekanan osmose, pH air perlu dijaga karena dapat memacu atau menghambat pertumbuhan mikroalga secara umum. (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Untuk meningkatkan pertumbuhan, kandungan nutrisi dan protein pada mikroalga memerlukan pupuk.

Pupuk didefinisikan sebagai bahan/material atau unsur hara yang ditambahkan ke dalam tanah dan tumbuhan baik berupa pupuk organik maupun pupuk anorganik dengan tujuan untuk memenuhi atau melengkapi keadaan unsur hara dalam tanah maupun perairan yang tidak cukup tersedia untuk memenuhi kebutuhan tanaman atau mikroalga. Ada dua jenis jenis pupuk anorganik yang sering digunakan petani atau nelayan pada tanaman budidaya (mikroalga) yakni pupuk nitrogen atau pupuk N. Nitrogen merupakan unsur makro yang bermanfaat untuk merangsang pertumbuhan suatu tumbuhan sehingga dapat berkembang pesat. Kekurangan N akan menghambat pertumbuhan mikroalga karena merupakan unsur yang digunakan dalam proses fotosintesis. 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 (Kushartono *et al.*, 2009).

Selain pupuk N, pupuk P atau pupuk fosfat sangat dibutuhkan juga dalam meningkatkan kesuburan dan perkembangan biakan mikroalga melalui pembelaan sel, Fosfat salah satu unsur hara selain nitrogen, hidrogen,

karbon, oksigen dan sulfur, keberadaan di dalam fosfat relatif sangat kecil jika dibanding unsur makro yang lain. Fosfat merupakan unsur hara penting yang harus ada dalam ekosistem perairan, unsur hara ini merupakan limiting faktor (faktor pembatas) dalam ekosistem perairan umum (Agus, 2008).

Pupuk N dan pupuk P yang digunakan pada kultur *Spirulina* sp. yaitu pupuk urea dan pupuk SP 36, Urea merupakan produk dari petrokimia yang digunakan sebagai pupuk pada pengolahan pertanian, karena merupakan sumber nitrogen (kadar N-nya 46 %) sebagai zat yang dibutuhkan tanaman. (Anwar dan Hidayat, 2004). Urea merupakan pupuk tunggal, yaitu pupuk yang hanya mengandung satu unsur saja yaitu nitrogen yang merupakan hasil penguraian alami protein, baik dari manusia maupun hewan yang dikeluarkan bersama urine (Amini dan Syamdidi, 2006).

Sedangkan pupuk SP 36 merupakan pupuk P dalam bentuk super fosfat yang mengandung 36 %  $P_2O_5$  yang di dalam tanah tidak segera tersedia dan sebagian terfiksasi (Jutono, 1987). Kemudian, pemupukan adalah memasukan atau menambahkan unsur hara dalam hal ini unsur hara makro dan unsur hara mikro untuk meningkatkan kesuburan perairan. Pemupukan bertujuan untuk memenuhi jumlah kebutuhan hara yang kurang sesuai di dalam tanah, atau perairan sehingga produksi meningkat. Hal ini berarti penggunaan pupuk dan input lainnya diusahakan agar mempunyai efisiensi tinggi. Efisiensi pemupukan haruslah dilakukan, karena kelebihan atau ketidaktepatan pemberian pupuk merupakan pemborosan yang berarti mempertinggi input. Kefisienan pupuk diartikan sebagai jumlah kenaikan hasil yang dapat dipanen atau parameter pertumbuhan lainnya yang diukur sebagai akibat pemberian satu satuan pupuk/hara (Kastono *et al.*, 2005).

Sehingga pada penelitian ini, perlu dilakukan kultur mikroalga *Spirulina* sp. dengan cara pemupukan untuk dapat mengetahui pengaruh pemberian campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 terhadap kandungan protein kultur sel *Spirulina* sp.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan diatas maka ada dua pokok permasalahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

- a. Berapa dosis optimum yang diperlukan untuk kelimpahan, pertumbuhan dan kandungan protein kultur sel *Spirulina* sp. ?
- b. Bagaimana pengaruh pemberian campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 yang berbeda terhadap kandungan protein kultur sel *Spirulina* sp. ?

## 1.3 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui dosis optimum yang diperlukan untuk kelimpahan, pertumbuhan dan kandungan protein kultur sel *Spirulina* sp.
- b. Mengetahui pengaruh pemberian campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 yang berbeda terhadap kandungan protein kultur sel *Spirulina* sp.

#### 1.4 Hipotesis

- Ho : Pemberian campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 tidak dapat menghasilkan kandungan protein kultur sel *Spirulina* sp.
- H1 : Pemberian campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 dapat menghasilkan kandungan protein kultur sel *Spirulina* sp.

#### 1.5 Manfaat penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah : memberikan informasi tentang pengaruh terhadap pemberian campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 yang berbeda terhadap kandungan protein kultur sel *Spirulina* sp.

#### 1.6 Waktu dan Tempat

Pelaksanaan penelitian ini adalah selama bulan Februari sampai April 2015. Penelitian ini dilaksanakan di tiga Laboratorium Reproduksi, Pemuliaan dan Pembenihan Ikan, Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Perikanan dan Laboratorium Keamanan Pangan Fakultas Teknologi Pertanian (FTP) Universitas Brawijaya Malang Jawa Timur.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Morfologi dan Klasifikasi Mikrolga *Spirulina* sp.

*Spirulina* sp. merupakan makhluk hidup autotrof berwarna kehijauan, kebiruan, dengan sel berkolom membentuk filamen terpilin menyerupai spiral (*helix*) sehingga disebut juga alga biru hijau berfilamen (Cyanobacterium). Bentuk tubuh *Spirulina* sp. yang menyerupai benang merupakan rangkaian sel yang berbentuk silindris dengan dinding sel yang tipis, berdiameter 1–12 mikrometer. Filamen *Spirulina* hidup berdiri sendiri dan dapat bergerak bebas. Kandungan protein pada *Spirulina* sp. berkisar antara 63–68 %, karbohidrat 18–20 %, dan lemak 2–3 % dengan kandungan protein yang tinggi ini maka *Spirulina* sp. mempunyai sumber protein yang potensial bagi makhluk hidup baik manusia atau pun hewan ternak (Hariyati, 2008). Peningkatan penggunaan *Spirulina* sp. Dalam berbagai bidang industri mengakibatkan tingkat konsumsi *Spirulina* sp. dari tahun ke tahun semakin besar, akan tetapi hal itu tidak diimbangi dengan produksi *Spirulina* sp. karena hingga saat ini masih mengandalkan produksi dari habitat alami dengan kualitas dan kuantitas yang tidak dapat dijamin, sehingga upaya pengembangan teknik kultur perlu dilakukan agar produktivitas dan kualitas kultur *Spirulina* sp. dapat ditingkatkan dan memperoleh hasil yang optimal (Suantika, 2009).

*Spirulina* sp. bersifat kosmopolit yang dapat tumbuh dimana-mana, kecuali pada tempat yang sangat kritis bagi kehidupan. Alga ini tumbuh pada salinitas 0–35 ppt dengan suhu perairan berkisar 25–30°C merupakan kisaran suhu yang optimal untuk pertumbuhan alga ini. Alga ini bereproduksi secara aseksual dengan pembelahan sel, tetapi juga dapat dengan pemisahan autospora dari sel induknya. Reproduksi sel ini diawali dengan pertumbuhan sel

yang membesar, periode selanjutnya adalah terjadinya peningkatan aktifitas sintesa sebagai bagian dari persiapan pembentukan sel anak yang merupakan tingkat pemasakan awal. Tahap selanjutnya terbentuk sel induk muda yang merupakan tingkat pemasakan akhir, yang akan disusul dengan pelepasan sel anak (Isnansetyo dan Kurniastuti, 1995).

Bold & Wyne (1985) menyatakan bahwa, klasifikasi *Spirulina* sp. adalah sebagai berikut :

- Kingdom : Protista
- Divisi : Cyanophyta
- Kelas : Cyanophyceae
- Ordo : Nostocales
- Famili : Oscillatoriaceae
- Genus : *Spirulina*
- Spesies : *Spirulina* sp.

Pengamatan sel mikroalga *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini :

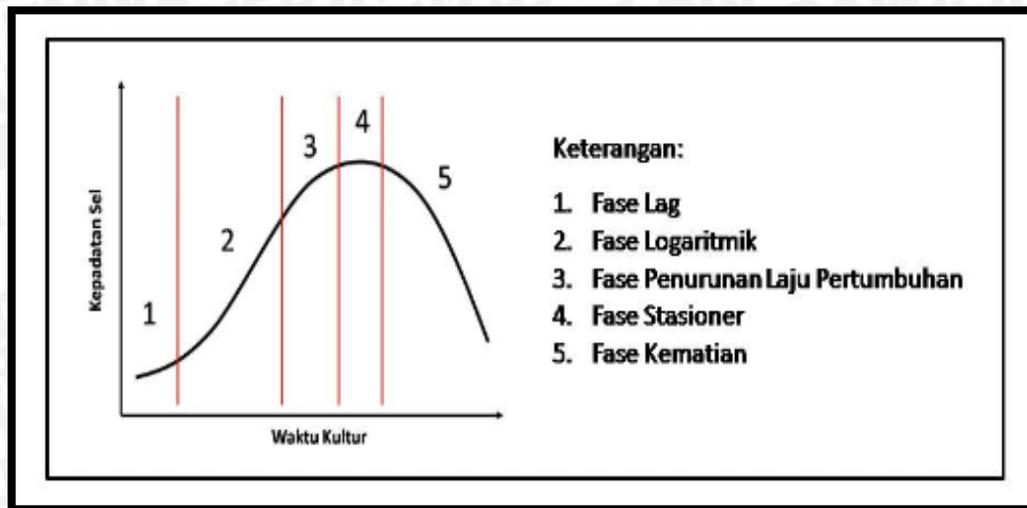


Gambar 1. *Spirulina* sp. Perbesaran 100x (Dokumentasi Penelitian, 2015).

Tietze (2004) menambahkan bahwa konsentrasi protein Spirulina merupakan konsentrasi tertinggi bila dibandingkan dengan bahan pangan yang biasanya menjadi sumber protein seperti tepung kedelai, susu bubuk, ikan, daging ayam dan daging sapi. Selain protein yang begitu tinggi. Spirulina merupakan mikroalga yang dikenal memiliki komponen nutrisi yang lengkap (kelompok vitamin B dan mineral-mineral). Alberta dan Laksmi 2012, mengemukakan bahwa Spirulina mengandung makromineral seperti P, Na, K, Mg, Ca dan Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, C, Pb, Cd, Selain itu juga mengandung vitamin B dari B1 hingga B12.

## **2.2 Pertumbuhan mikroalga**

Pertumbuhan jasad hidup dapat ditinjau dari dua segi, yaitu pertumbuhan secara individu dan pertumbuhan secara kelompok dalam satu populasi pertumbuhan secara kelompok dalam satu populasi. Pertumbuhan individu diartikan sebagai adanya penambahan volume sel serta bagian-bagian lainnya dan artinya pula sebagai penambahan kuantitas isi dan kandungan di dalam selnya. Pertumbuhan populasi merupakan akibat adanya pertumbuhan individu. Pada mikroorganisme, pertumbuhan dapat berubah langsung menjadi pertumbuhan populasi (Suriawiria, 2005). Pertumbuhan pada kultur mikroalga secara umum dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini :



**Gambar 2.** Kurva Pertumbuhan Mikroalga (Isnansetyo dan Kurniaastuty, 1995).

Pertumbuhan alga dapat ditandai dengan perubahan ukuran atau jumlah sel. Afandi (2003) mengungkapkan bahwa, secara umum pertumbuhan alga dibagi menjadi empat tahap / fase :

1. Fase istirahat / adaptasi

Yaitu fase sel menyesuaikan diri dengan media kultur yang sudah diberi geometri. Fase ini ditandai dengan perubahan ukuran sel sesaat setelah inokulasi ke dalam media. Namun pembelahan belum terjadi sehingga kepadatan sel belum meningkat dan populasi tidak mengalami perubahan.

2. Fase eksponensial / logaritmik

Fase ini diawali dengan pembelahan sel dengan laju pertumbuhan tetap. Pada kultur yang optimum, laju pertumbuhan pada fase ini mencapai maksimum.

3. Fase stasioner

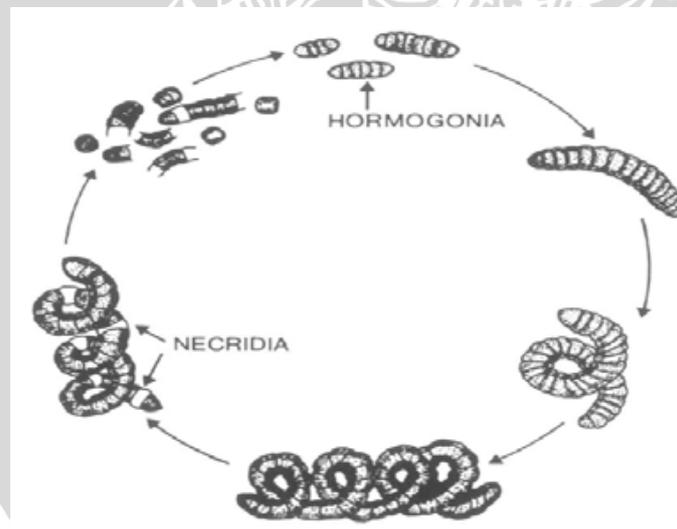
Pada fase ini pertumbuhan mulai mengalami penurunan jika dibandingkan dengan fase logaritmik. Laju reproduksi sama dengan laju kematian.

#### 4. Fase kematian

Pada fase ini laju kematian lebih cepat dari laju produksi. Jumlah sel menurun secara geometrik.

Sri *et al.*,(2011) mengungkapkan bahwa, pertumbuhan mikroorganismen dimulai dari awal pertumbuhan sampai dengan berakhirnya aktivitas merupakan proses bertahap yang dapat digambarkan sebagai kurva pertumbuhan. Kurva pertumbuhan umumnya terdiri atas 7 fase pertumbuhan, tetapi yang utama hanya 4 fase yaitu: lag, eksponensial, stasioner dan kematian.

Kurva pertumbuhan yang lengkap merupakan gambaran pertumbuhan secara bertahap (fase) sejak awal pertumbuhan sampai dengan terhenti mengadakan kegiatan. Siklus hidup *Spirulina sp.* dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini :



**Gambar 3. Siklus Hidup *Spirulina sp.***  
(Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995)

Ada tiga tahap dasar siklus hidup *Spirulina* sp. yaitu : trikoma fragmentasi, sel hormogonia proses pembesaran dan pematangan, dan trikoma elongasi. Kemudian trikoma dewasa ini bisa dibagi menjadi filamen atau hormogonia, selsel di hormogonia mendapat meningkat dengan pembelahan biner, tumbuh memanjang dan mengambil bentuk heliks.

### 2.3 Manfaat *Spirulina* sp.

Prasetyo (2010) melaporkan bahwa, pemanfaatan *Spirulina* selain sebagai bahan dasar pembuatan makanan maupun makanan tambahan (*food supplement*), juga dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan makanan ikan dan udang. Di Thailand, 70 % produk *Spirulina* sp. cenderung digunakan untuk pembuatan bahan makanan sedangkan sisanya 30 % diperuntukkan sebagai bahan dasar pembuatan makanan ikan dan udang. Bahkan di Negara india *Spirulina* sp. telah digunakan sebagai bahan baku pembuatan makanan ternak ayam dan sapi. Perairan yang mengalami pencemaran karena polutan yang berasal dari limbah organik, *Spirulina* sp. dapat dimanfaatkan untuk merestorasi karena mampu menurunkan BOD dalam air limbah. Disamping itu, *Spirulina* sp. juga memiliki kemampuan untuk mengatasi masalah eutrofikasi perairan karena dapat menurunkan kadar P dan N.

Nutrisi *Spirulina* banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku industri makanan karena mengandung protein 60–71 %, lemak 8 %, karbohidrat 16 %, dan vitamin serta 1,6 % *Chlorophyll-a*, 18 % *Phycocyanin*, 17 %  $\beta$ -Carotene, dan 20–30 %  $\gamma$ -linoleic acid dari total asam lemak. *Spirulina* sp. juga telah digunakan sebagai suplemen atau makanan pelengkap oleh penduduk Afrika sebagai sumber makanan tradisional. Kandungan nutrisi *Spirulina* sp. yang lengkap terutama protein yang tinggi menyebabkan *Spirulina* sp. memiliki

potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber protein yang sangat tinggi (Amanatin, 2013).

Spirulina mengandung protein fikosianin yang berwarna unik yakni warna hijau biru (*blue green*), sehingga sering disebut sebagai *blue green algae*. Adanya kandungan tersebut memungkinkan memberikan warna alami pada produk pangan olahan apabila digunakan sebagai komponen bahan pangan. Fikosianin dari Spirulina telah diekstraksi untuk digunakan sebagai pewarna makanan dan minuman dan juga kosmetik serta telah diproduksi secara komersial, dengan merek dagang Lina Blae (Achmadi *et al.*, 2002).

Spirulina mengandung betakaroten yang juga merupakan antioksidan. Produksi antioksidan dipengaruhi oleh kondisi kultur seperti suhu dan sumber nitrogen dalam media kultur mikroalga (Colla *et al.*, 2007).

## **2.4 Pupuk Urea dan Pupuk SP 36**

### **2.4.1 Pupuk Urea**

Pupuk merupakan salah satu faktor produksi utama selain lahan, tenaga kerja dan modal. Pupuk merupakan kunci dari kesuburan tanah karena berisi satu atau lebih unsur untuk menggantikan unsur yang habis terhisap tanaman (Windarti *et al.*, 2011). Pemupukan adalah pemberian bahan kepada tanah dengan maksud memperbaiki atau meningkatkan kesuburan tanah. Bahan itu mencakup air, yang pemberiannya disebut irigasi. Memang irigasi dapat juga berperan pada jenis pemupukan tertentu, karena air mengandung zat hara terlarut atau tersuspensi. Pemupukan menurut pengertian khusus ialah pemberian bahan yang dimaksud untuk menambah unsur hara pada tanaman (Tejoyuwono *et al.*, 2006). Pemupukan bertujuan untuk memenuhi jumlah kebutuhan hara yang kurang sesuai di dalam tanah, sehingga produksi

meningkat. Hal ini berarti penggunaan pupuk dan input lainnya diusahakan agar mempunyai efisiensi tinggi. Efisiensi pemupukan haruslah dilakukan, karena kelebihan atau ketidaktepatan pemberian pupuk merupakan pemborosan yang berarti mempertinggi input. Keefisienan pupuk diartikan sebagai jumlah kenaikan hasil yang dapat dipanen atau parameter pertumbuhan lainnya yang diukur sebagai akibat pemberian satu satuan pupuk/hara (Dody *et al.*, 2005).

Urea adalah senyawa yang larut dalam air,  $(\text{NH}_2)_2 \text{CO}$  dengan kandungan nitrogen yang merupakan komponen utama dari urine mamalia dan organisme lain seperti fungi, sebagai hasil akhir dari metabolisme protein (Anita dan Asmi, 2008). Sri, 2010 menyatakan pupuk urea merupakan pupuk tunggal, yaitu pupuk karena hanya mengandung satu unsur saja, yaitu nitrogen, yang merupakan hasil pengurangan alami protein, baik dari manusia maupun hewan yang dikeluarkan bersama urine. Sintesa urea dalam jumlah besar dilakukan langsung dari amoniak dan karbondioksida. Rumus kimia atau Reaksi Urea yaitu :



Nitrogen merupakan unsur makro yang bermanfaat untuk merangsang pertumbuhan suatu tumbuhan sehingga berkembang pesat. Kekurangan N akan menghambat pertumbuhan. 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 N sebagai penyusun protoplasma secara keseluruhan dan diperlukan sebagai sumber energi dalam proses fotosintesis secara keseluruhan (Kushartono *et al.*, 2009 ).

Selain itu, unsur P juga diperlukan bagi tumbuhan, seperti halnya terdapat pada pupuk P atau pupuk fosfat. Phospat salah satu unsur hara selain nitrogen, hydrogen, carbon, oksigen dan sulfur, keberadaan di dalam phospat relatife sangat kecil jika dibanding unsur makro yang lain. Phospat merupakan unsur hara penting yang harus ada dalam ekosistem perairan, unsur hara ini merupakan limiting faktor (faktor pembatas) dalam ekosistem perairan (Agus, 2008).

#### **2.4.2 Pupuk SP 36**

Pupuk SP 36 merupakan pupuk P dalam bentuk super pospat yang mengandung 36 %  $P_2O_5$  yang di dalam tanah tidak segera tersedia dan sebagian terfiksasi (Jutono, 1987). pupuk fosfat buatan berbentuk butiran (granular) yang dibuat dari batuan fosfat dengan campuran asam fosfat dengan asam sulfat yang komponen utamanya mengandung unsur hara fosfor berupa mono kalsium fosfat,  $Ca (H_2PO_4)$  (Standar Nasional Indonesia, 2005).

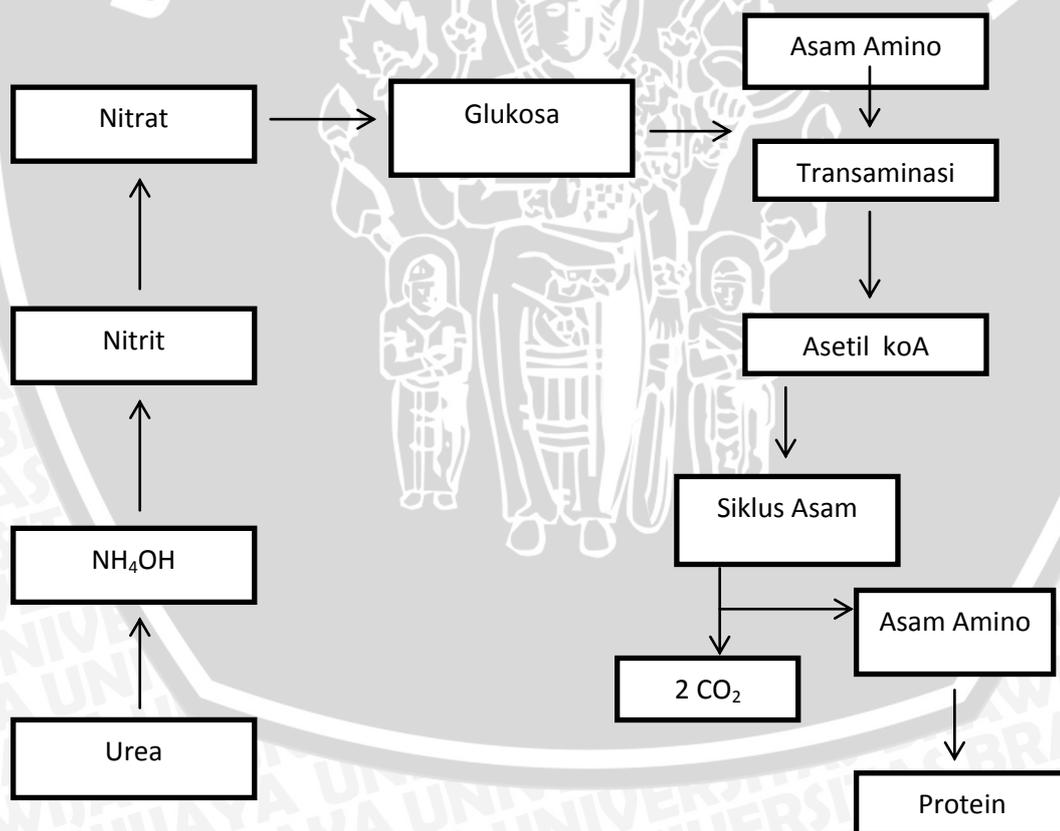
#### **2.5 Mekanisme Transportasi Nitrogen dan Fosfor**

Nitrogen (N) dan Fosfor (P) merupakan unsur hara yang sangat dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah besar. Nitrogen merupakan unsur penting dalam pembentukan klorofil, protoplasma, protein, dan asam-asam nukleat. Unsur ini mempunyai peranan yang penting dalam pertumbuhan dan perkembangan semua jaringan hidup (Brady dan Weil, 2002). Fosfor merupakan komponen penting penyusun senyawa untuk transfer energi (ATP dan nukleoprotein lain), untuk sistem informasi genetik (DNA dan RNA) secara umum untuk membran sel (fosfolipid), dan fosfoprotein (Gardner *et al.*, 1991; Lambers *et al.*, 2008).

### 2.5.1 Mekanisme Transportasi Nitrogen

Nitrogen merupakan unsur penyusun yang penting dalam sintesis protein. Sebagian besar dari nitrogen total dalam air dapat terikat sebagai nitrogen organik, yaitu dalam bahan-bahan berprotein. Bentuk utama nitrogen di air limbah adalah material protein dan urea. Senyawa-senyawa nitrogen terdapat dalam bentuk terlarut atau sebagai bahan tersuspensi. Jenis nitrogen di air meliputi nitrogen organik, amonia, nitrit, dan nitrat (Saeni, 1998). Nitrogen diserap oleh akar tanaman dalam bentuk  $\text{NO}_3^-$  (nitrat) dan  $\text{NH}_4^+$  (amonium).

Nitrogen yang berasal dari bahan organik tertentu diperoleh melalui amonisasi-nitrifikasi (Mulyadi, 1994). Mekanisme perombakan nitrogen menjadi protein dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini :



**Gambar 4. Mekanisme Perombakan Nitrogen Menjadi Protein (Meyes,2000)**

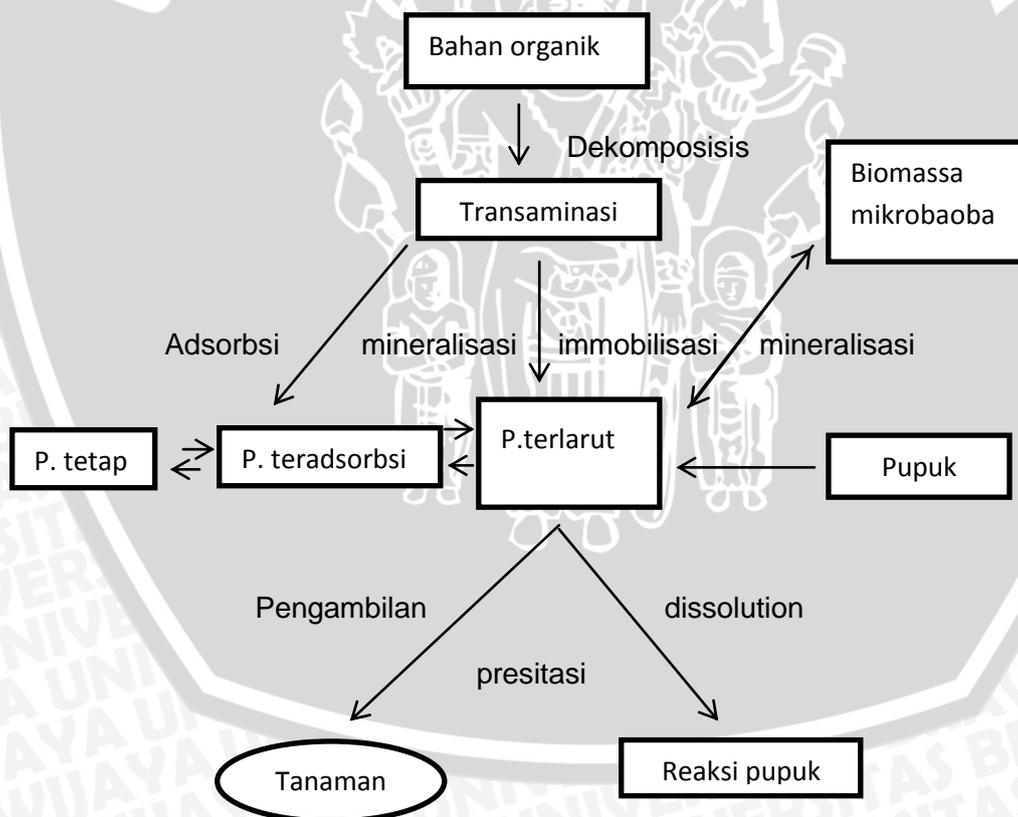
Dari Gambar 4 Samekto (2008) mengungkapkan bahwa, peran utama N dalam tanaman adalah sebagai unsur penyusun protein yang merupakan senyawa dengan berat molekul tinggi yang mengandung 15–18 % N dan terdiri atas rantai–rantai asam amino yang terikat dengan ikatan peptide, protein sangat vital dalam fungsi tanaman.

Pada dasarnya nitrogen yang berada di perairan berasal dari fitoplankton atau Cyanobakteria. Cyanobacteria/Cyanophyta atau alga hijau biru merupakan kelompok alga prokariotik, Organisme tersebut memiliki peran sebagai produsen dan penghasil senyawa nitrogen di perairan. Beberapa Cyanobacteria juga diketahui dapat memproduksi toksin (racun). Selain menghasilkan toksin, Cyanobacteria mampu menghasilkan senyawa yang bermanfaat bagi makhluk hidup lain, antara lain protein dan senyawa lain untuk obat-obatan.

Seperti halnya organisme prokariotik, Cyanobacteria *tidak* memiliki inti atau sistem membran internal. Namun, banyak spesies Cyanobacteria memiliki lipatan pada membran eksternal mereka yang berfungsi dalam fotosintesis. Cyanobacteria mendapatkan warna dari *phycocyanin* pigmen kebiruan, yang digunakan untuk menangkap cahaya untuk fotosintesis. Cyanobacteria termasuk spesies uniseluler dan kolonial. Koloni dapat membentuk filamen, lembaran, atau bahkan bola berongga. Beberapa koloni filamen menunjukkan kemampuan untuk berdiferensiasi menjadi beberapa jenis sel yang berbeda: sel vegetatif, normal, sel fotosintesis yang terbentuk di bawah kondisi pertumbuhan yang menguntungkan; akinetes, spora iklim tahan yang mungkin terbentuk ketika kondisi lingkungan menjadi keras; dan heterosis berdinding tebal, yang berisi enzim nitrogenase, penting untuk fiksasi nitrogen (Ahoren, 2004).

### 2.5.2 Mekanisme Transportasi Fosfor

Fosfor (P) merupakan unsur hara esensial tanaman. Tidak ada unsur lain yang dapat mengganti fungsinya di dalam tanaman, sehingga tanaman harus mendapatkan atau mengandung P secara cukup untuk pertumbuhannya secara normal. Fungsi penting fosfor di dalam tanaman yaitu dalam proses fotosintesis, respirasi, transfer dan penyimpanan energi, pembelahan dan pembesaran sel untuk proses-proses didalam tanaman lainnya (Winarso, 2005). Unsur fosfor sangat penting sebagai sumber energi (ATP). Oleh karena itu, kekurangan P dapat menghambat pertumbuhan maupun reaksi-reaksi metabolisme tanaman. Mekanisme siklus fosfor dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini :



Gambar 5. Mekanisme Siklus Fosfor (Moody dan Bolland, 2002).

Berdasarkan Gambar 5 tanaman tidak dapat berhasil tumbuh normal tanpa fosfor. Fosfor merupakan bagian dari asam nukleat, fosfolipid, koenzim DNA dan NADP, dan ATP. Fosfor mengaktifkan koenzim untuk menghasilkan asam amino yang digunakan dalam sintesis protein. Fosfor menguraikan karbohidrat yang dihasilkan selama fotosintesis dan fosfor terlibat dalam banyak proses metabolit yang dibutuhkan untuk pertumbuhan, seperti fotosintesis, glikolisis, respirasi, dan sintesis asam lemak (Ray, 1999).

Fosfor berperan penting pada setiap proses perpindahan energi pada tanaman, fosfat berenergi tinggi tersimpan sebagai bagian dari struktur kimia ADP dan ATP yang merupakan sumber energi dalam penyelenggaraan reaksi kimia di dalam tanaman. Ketika ADP dan ATP mengangkut fosfat energi ke molekul lain (disebut fosforilasi), pada tahap ini banyak proses penting yang terjadi (Alberta *et al.*, 1999). Nutrien N dan P adalah dua nutrien paling utama dalam kualitas air. Nitrogen dan fosfor dibutuhkan oleh membran sel dan untuk pembentukan protein.

## 2.6 Protein

Protein adalah makromolekul yang tersusun dari bahan dasar asam amino. Asam amino yang menyusun protein ada 20 macam. Protein terdapat dalam sistem hidup semua organisme baik yang berada pada tingkat rendah maupun organisme tingkat tinggi. Protein mempunyai fungsi utama yang kompleks di dalam semua proses biologi. Protein berfungsi sebagai katalisator, sebagai pengangkut dan penyimpan molekul lain seperti oksigen, mendukung secara mekanis sistem kekebalan (imunitas) tubuh (Katili, 2009). Berdasarkan sumbernya protein dapat digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu : 1). Protein hewani merupakan protein yang berasal dari hewan baik dari apa yang dihasilkan oleh

hewan tersebut (susu), maupun dari dagingnya. Protein hewani merupakan sumber protein terbesar dan memiliki kandungan asam amino esensial yang lengkap, 2). Protein nabati adalah protein yang dihasilkan oleh tumbuhan baik secara langsung maupun hasil olahan dari tumbuh-tumbuhan seperti sereal, tepung dan lain-lain (Mayang, 2010).

Wijoseno, 2011 Menyatakan bahwa, Komponen protoplasma yang sangat penting, di samping air yaitu protein. Senyawa ini terdiri dari unsur-unsur: karbon, hydrogen, oksigen, dan nitrogen. Molekul-molekul protein merupakan molekul pekerja yang berperan sebagai katalisator berbagai reaksi kimia. Bahan baku protein adalah molekul-molekul asam amino yang mengandung gugus karboksil dan gugus amina dan Protein mencakup enzim-enzim yang disebut katalisator pada proses metabolisme, hormon, hemoglobin dan sebagainya.

Kemudian pada mikroalga, khususnya *Spirulina* mengandung protein tinggi sekitar 55–70 %. Protein ini merupakan suatu senyawa kompleks yang kaya akan asam amino esensial, metionin (1,3–2,75 %), sistin (0,5–0,7 %), triptofan (1–1,95 %), dan lisin (2,64–6,3 %). Kadar asam amino yang tinggi baik untuk kesehatan karena merupakan salah satu bahan pembuat protein. Salah satu makanan protein tinggi adalah bahan pangan yang terbuat dari mikroalga *Spirulina* sp. Mikroalga ini tidak hanya bertindak sebagai sumber protein sel tunggal, tetapi juga memberikan beberapa manfaat lainnya antara lain sumber karotenoid, klorofil, serta sumber mikronutrien (Christwardana *et al.*, 2014).

## 2.7 Parameter Kualitas Air

Pada hakikatnya suatu lingkungan memiliki peranan penting terhadap keberadaan organisme yang ada di dalamnya. Salah satunya adalah mikroalga *Spirulina* sp. dimana dalam pertumbuhan dan perkembangannya harus menyesuaikan diri dengan lingkungan yang ada terlebih dahulu, kemudian baru dapat memperbanyak diri dengan cara pembelahan sel dan pada akhirnya *Spirulina* sp. akan tumbuh dengan maksimal. Untuk itu diperlukan kualitas air yang layak bagi pertumbuhan mikroalga *Spirulina* sp. yaitu, sebagai berikut :

### 2.7.1 Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor kehidupan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroalga perairan. Perubahan temperatur perairan yang terjadi sangat dipengaruhi oleh kondisi musim, letak lintang suatu wilayah, kedalaman perairan, ketinggian suatu tempat dari permukaan laut, dan waktu pengukuran. Kenaikan suhu perairan akan berdampak pada meningkatnya kebutuhan akan oksigen, namun begitu di sisi lain akan mengakibatkan turunnya kelarutan oksigen dalam air (Prasetyo dan Kusumaningrum, 2014). Organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu (batas atas dan bawah) yang disukai bagi pertumbuhan seperti alga dari filum Chlorophyta dan diatom akan tumbuh baik pada kisaran suhu berturut-turut 30°C–35°C dan suhu 20°C–30°C filum Cyanophyta lebih toleran terhadap kisaran suhu yang lebih tinggi dibandingkan Chlorophyta dan diatom (Makmur *et al.*, 2011).

Ekawati (2005) menyatakan bahwa, *Spirulina* sp. lebih menyukai perairan yang cenderung alkalin. Suhu optimal untuk budidaya *Spirulina* berkisar antara 25°C–35°C. Walaupun hal ini dapat bervariasi sesuai dengan komposisi media budidaya dan spesies yang dibudidayakan.

### 2.7.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH merupakan nilai yang menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam air. Nilai pH suatu perairan dapat mencerminkan keseimbangan antar asam dan basa dalam perairan tersebut. Nilai pH dipengaruhi oleh beberapa parameter, antara lain aktivitas biologi, suhu, kandungan oksigen dan ion-ion. Dari aktivitas biologi dihasilkan gas CO<sub>2</sub> yang merupakan hasil respirasi. Gas ini akan membentuk ion *buffer* atau penyangga untuk menjaga kisaran pH di perairan agar tetap stabil (Prescod, 1979).

Nilai pH pada banyak perairan alami berkisar 4 sampai 9. Derajat keasaman atau pH air menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam larutan tersebut dan dinyatakan sebagai konsentrasi ion hidrogen (dalam mol per liter) pada suhu tertentu. Rendahnya pH suatu perairan disebabkan karena kandungan asam sulfat yang terkandung pada perairan cukup tinggi. Sebaliknya untuk tingginya pH suatu perairan dapat disebabkan oleh tingginya kapur yang masuk ke perairan tersebut (Maniagasi *et al.*, 2013).

### 2.7.3 DO (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen adalah salah satu unsur kimia yang sangat penting sebagai penunjang utama kehidupan berbagai organisme. Oksigen dimanfaatkan oleh organisme perairan untuk proses respirasi dan menguraikan zat organik menjadi zat an-organik oleh mikro-organisme. 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 hara yang masuk ke dalam tubuhnya (Nybakken, 1988). Oksigen terlarut dalam air merupakan parameter kualitas air yang sangat vital bagi kehidupan organisme perairan. Konsentrasi oksigen terlarut cenderung berubah-ubah

sesuai dengan keadaan atmosfer. Penurunan kadar oksigen terlarut mempunyai dampak nyata terhadap makhluk hidup air (Makmur *et al.*, 2011).

Hadisubroto (1989) menyatakan kondisi perairan dikatakan berkualitas baik apabila nilai konsentrasi oksigen terlarut antara 13,5–15 mg/l, dikatakan berkualitas sedikit tercemar jika nilai DO antara 11,25–13,5 mg/l, termasuk kategori tercemar sedang jika nilai DO antara 7,5–11,25 mg/l, dan digolongkan dalam kategori sangat tercemar jika nilai DO < 7,5 mg/l. Dengan kondisi data seperti ini dapat dikatakan bahwa perairan situ Babakan mengalami eutrofikasi. Konsentrasi oksigen terlarut harus dalam batas 4–7 mg/l (Poernomo, 1992).

#### 2.7.4 Salinitas

Hasnawati (2012) menyatakan bahwa, Salinitas adalah jumlah garam terlarut dalam satu kilogram air laut dan dinyatakan dalam satuan perseribu. Bahwa dalam air laut terlarut bermacam-macam garam terutama natrium klorida, selain itu terdapat pula garam-garam magnesium, kalsium, kalium dan sebagainya, salinitas di daerah pesisir dapat berubah-ubah yang dipengaruhi oleh masukan air tawar dari aliran sungai. Berbagai aktivitas manusia pun dapat mempengaruhi salinitas perairan laut di daerah pesisir dekat muara sungai, diantaranya akibat adanya pembendungan sungai atau kanal. Sebaran salinitas di laut dipengaruhi oleh sirkulasi air laut, penguapan dan curah hujan. Salinitas di laut lepas mempunyai kisaran relative tinggi dari pada perairan pantai. Rendahnya salinitas tersebut disebabkan perairan pantai banyak masukan dari muara sungai perairan. Air permukaan di Asia Tenggara dapat dibagi menjadi 3 golongan :

- Air pantai dengan salinitas kurang dari 32 %.
- Air campuran dengan salinitas antara kurang 32%–34 %.
- Air samudra dengan kadar salinitas lebih besar dari 34 %.

Meskipun salinitas mempengaruhi produktivitas individu fitoplankton, namun umumnya perairannya tidak besar. Di perairan pantai peranan salinitas mungkin lebih menentukan terjadinya suksesi jenis dari pada produktivitas secara keseluruhan. Kehidupan berbagai jenis fitoplankton dapat dipengaruhi oleh salinitas perairan, yaitu pada perubahan berat jenis air laut serta perubahan dalam tekanan osmosis.

Salinitas adalah konsentrasi total ion yang terdapat di perairan (Boyd, 1999). Effendi (2003) menyatakan bahwa, nilai salinitas perairan tawar biasanya kurang dari 0,5 ‰, perairan payau antara 0,5 ‰–30 ‰, dan perairan laut 30 ‰–40 ‰.

#### **2.7.5 Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)**

Karbondioksida merupakan gas yang terpenting untuk fitoplankton. Proses fotosintesis di dalam media air tidak dapat terjadi tanpa adanya karbondioksida, sehingga pertumbuhan fitoplankton tidak dapat tumbuh dan perkembangannya tidak pesat (Martosudarmo, 1979).

Karbondioksida merupakan unsur yang penting dalam proses fotosintesis, oleh karenanya persediaan CO<sub>2</sub> dalam cukup di dalam medium akan mendukung pertumbuhan alga. Konsentrasi CO<sub>2</sub> yang optimal untuk pertumbuhan mikroalga yaitu 3–5 %. Ketersediaan CO<sub>2</sub> dapat dilakukan dengan menginjeksikannya lalu menggoyang-goyangkan media (aerasi/proses pengadukan medium kultur). Aerasi dalam kultur mikroalga sangat penting dilakukan untuk mencegah terjadinya pengendapan sel dan untuk penyebaran nutrient secara merata stratifikasi suhu, serta meningkatkan pertukaran gas dari udara ke medium (Ernest, 2012).

### 2.7.6 Nitrat

Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Nitrifikasi merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrit adalah proses yang penting dalam proses nitrogen dan berlangsung dalam kondisi aerob. Kadar nitrat nitrogen di perairan alami hampir tidak pernah lebih dari 0,1 mg/l (Makmur *et al.*, 2011). Kadar nitrat nitrogen yang lebih dari 0,2 mg/l dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi (pengkayaan) perairan (Effendi, 2003).

Zat hara nitrat diperlukan dan berpengaruh terhadap proses pertumbuhan dan perkembangan hidup fitoplankton dan mikro-organisme lainnya sebagai sumber bahan makanannya. Sumber utama pengkayaan zat hara nitrat diantaranya runoff, erosi, leaching lahan pertanian yang subur, limbah pemukiman, terjadi karena peningkatan aktivitas manusia disekitar wilayah perairan (Simanjutak, 2012).

### 2.7.7 Orthofosfat

Selain nitrat, tumbuhan juga membutuhkan senyawa fosfor untuk menunjang kehidupannya. Orthofosfat merupakan senyawa fosfor yang dapat digunakan secara langsung oleh tumbuhan akuatik (Effendi, 2003). Kandungan fosfat yang terdapat di Perairan umumnya tidak lebih dari 0,1 mg/liter, kecuali pada perairan yang menerima limbah dari rumah tangga dan industri tertentu, serta dari daerah pertanian yang mendapat pemupukan fosfat (Silalahi, 2010). Sumber alami fosfor di perairan adalah pelapukan batuan mineral, selain itu fosfor juga berasal dari dekomposisi bahan organik, detergen, dan limpasan dari daerah pertanian (Effendi, 2003).

Fosfat yang merupakan salah satu zat hara yang dibutuhkan untuk proses pertumbuhan dan metabolisme fitoplankton dan organisme laut lainnya dalam menentukan kesuburan perairan, kondisinya tidak stabil karena mudah mengalami proses pengikisan, pelapukan dan pengenceran (Simanjatak, 2012).



### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

Materi penelitian adalah pupuk urea dan pupuk SP 36, *Spirulina* sp. dan parameter pendukung kualitas air media kultur sel *Spirulina* sp. bibit mikroalga *Spirulina* sp. yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Balai Benih Air Payau (BBAP) Situbondo.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari persiapan sterilisasi air laut, kultur *Spirulina*, pengamatan kepadatan sel *Spirulina*, kualitas air kultur *Spirulina*, pemanenan *Spirulina* dan pengujian protein pada sampel *Spirulina*. Alat yang digunakan untuk sterilisasi air laut yaitu : baskom berukuran 60 liter, washing bottle, pipet tetes, refraktometer, beaker glass 500 ml, toples 10 liter, selang, aerator dan batu aerasi. Alat yang digunakan untuk kultur *Spirulina* antara lain yaitu : toples 10 liter, timbangan digital, selang, aerator, batu aerasi, beaker glass 500 ml, lampu TL 40 watt dan botol air sample 1500 ml. Kemudian, Alat yang digunakan pada pengamatan sel *Spirulina* yaitu : *haemocytometer*, mikroskop, beaker glass 500 ml, pipet tetes, dan kamera. Alat yang digunakan untuk pengukuran kualitas air *Spirulina* yaitu : DO meter, pH Pen, refraktometer, botol air sampel 600 ml, Erlenmeyer 30 ml, cawan porselen, gelas ukur 25 ml, nampan, spatula, washing bottle, pipet tetes, pipet volume, bola hisap, statif, buret, hot plate, corong, cuvet dan spektrofotometer.

Alat yang digunakan pada pemanenan Spirulina yaitu : toples 10 liter, valcon, dan beaker glass 500 ml. Kemudian, Alat yang digunakan pada pengujian protein Spirulina yaitu : labu ukur, hot plate, pipa bengkok, erlenmeyer 25 ml, dan Bunsen.

### 3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan pada sterilisasi air laut yaitu : air laut, aquadest, kain saring, alkohol 70 % dan NaOCl. Bahan yang digunakan pada kultur Spirulina yaitu : bibit Spirulina yang diperoleh BPAP Situbondo, pupuk urea ((NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO), pupuk SP 36, kertas label, dan air laut yang telah disterilisasi. Bahan yang digunakan pada pengamatan kepadatan sel Spirulina yaitu : air sampel, alkohol 70 %, aquadest dan tissue. Kemudian Pengukuran kualitas air media kultur Spirulina meliputi : air sampel, kertas label, kertas saring, aquadest, asam fenol disulfonik, larutan NH<sub>4</sub>OH, indikator PP, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,0454, ammonium molybdat, larutan SnCl<sub>2</sub>, dan tissue. Bahan yang digunakan pada pemanenan Spirulina antara lain yaitu : kain saring, kertas label, dan tissue. Sedangkan, Bahan yang digunakan pada pengujian protein Spirulina yaitu : sampel Spirulina, larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, aquadest, indikator metal merah, tablet Kjeldhal, larutan NaOH 40 %, dan larutan NaOH 0,1 N.

### 3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, metode ini merupakan suatu metode percobaan yang digunakan untuk menyelidiki dan menguji suatu teori untuk melihat suatu hasil dari variabel atau hubungan sebab akibat yang patut untuk diselidiki. Khotimah *et al.*, (2013), menyatakan bahwa, Metode eksperimen adalah mengadakan kegiatan percobaan untuk melihat suatu hasil. Hasil itu yang akan menegaskan

bagaimana kedudukan hubungan kausal antara variabel yang diselidiki. Ditambahkan oleh Zulnaldi (2007), metode eksperimen adalah prosedur penelitian yang dilakukan untuk mengungkapkan hubungan sebab akibat dua variabel atau lebih, dengan mengendalikan pengaruh variabel yang lain.

### 3.4 Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Sederhana yang terdiri atas tiga perlakuan dan tiga kali ulangan. Pada Perlakuan dalam media kultur *Spirulina* sp. ini menggunakan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 yang berbeda sebagaimana sebagai berikut ini:

- Pupuk 1 (P1) = pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36 20 mg/l
- Pupuk 2 (P2) = pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36 20 mg/l
- Pupuk 3 (P3) = pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36 20 mg/l

Rancangan Acak Lengkap (RAL) Sederhana yaitu suatu bentuk rancangan percobaan di mana perlakuan dikenakan secara acak pada unit-unit percobaan yang homogen. Yushandar (2003) mengungkapkan bahwa, Rancangan acak lengkap dengan kehomogenan ragam satuan percobaan merupakan suatu rancangan yang sangat sederhana yaitu dengan satu faktor atau satu perlakuan. Model dari rancangan acak lengkap sederhana adalah :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha + \sum ij)$$

Keterangan : Y = Nilai Pengamatan

$\mu$  = Nilai rata-rata

$\alpha$  = Pengaruh Perlakuan

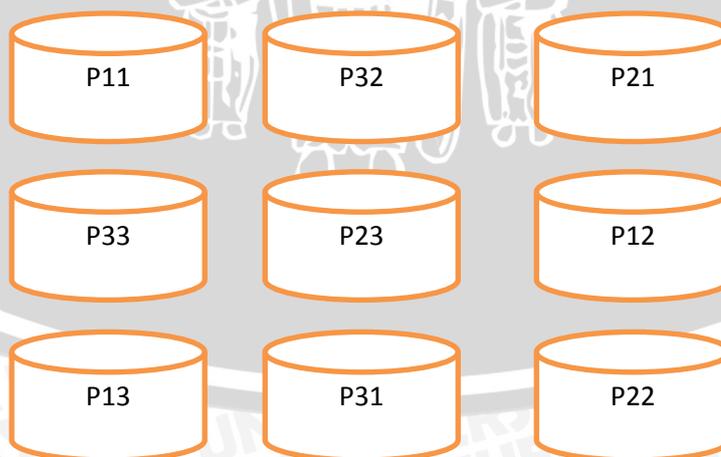
$\sum$  = Galat/kesalahan percobaan/acak percobaan

Hanafiah (2002) mengungkapkan bahwa, RAL adalah suatu rancangan yang cocok digunakan untuk kondisi lingkungan, alat, bahan dan media yang homogen. Dimana bila  $F_{hitung} < F_{tabel 5\%}$  tidak ada perbedaan nyata sehingga  $H_0$  diterima pada taraf uji 5 %. Bila  $F_{hitung} > F_{tabel 5\%}$  terdapat perbedaan nyata sehingga  $H_1$  diterima pada taraf 5 %. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap suatu percobaan penelitian utama dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini :

**Tabel 1. Rancangan Percobaan Penelitian Utama**

Perlakuan	Ulangan		
P1 (80 mg/l dan 20 mg/l)	P11	P12	P13
P2 (100 mg/l dan 20 mg/l)	P21	P22	P23
P3 (120 mg/l dan 20 mg/l)	P31	P32	P33

Rancangan Acak Lengkap (RAL) Sederhana untuk setiap perlakuan dan ulangan biasanya disusun secara acak sehingga rancangan percobaan Penelitian Utama dapat dilihat secara langsung pada Gambar 6 dibawah ini :



**Gambar 6. Rancangan Percobaan Penelitian Utama**

Tim Penyusun Rancangan Percobaan (2014) menyatakan bahwa, Rancangan Acak Lengkap (RAL) ialah rancangan yang paling sederhana di antara rancangan rancangan percobaan yang baku. RAL biasanya digunakan untuk percobaan yang dilakukan di laboratorium, ruang kultur jaringan dan rumah kaca atau dalam percobaan-percobaan tertentu yang memiliki kondisi lingkungan relatif homogen. Rancangan ini disebut rancangan acak lengkap, karena pengacakan perlakuan dilakukan pada seluruh unit percobaan dan Uji BNT (Beda Nyata Terkecil) atau yang lebih dikenal sebagai uji LSD (*Least Significance Different*) adalah metode yang diperkenalkan oleh Ronald Fisher. Metode ini menjadikan nilai BNT atau nilai LSD sebagai acuan dalam menentukan apakah rata-rata dua perlakuan atau lebih dari dua perlakuan berbeda secara statistik atau tidak. Jika dalam sidik ragam diperoleh hasil berbeda nyata atau berbeda sangat nyata, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dari masing-masing perlakuan dengan rumus sebagai berikut :

$$SED = \frac{\sqrt{2}x KTG}{r}$$

Dimana, r = ulangan/ulangan x perlakuan

BNT 5% = t table 5% (0,05/2 = 0.025, DbG) x SED

BNT 1% = t tabel 1% (0,01/2 =0.005,DbG) x SED

Kesimpulan :

- Jika selisih  $\leq$  BNT 5% maka non–signifikan atau tidak berbeda nyata
- Jika BNT 5%  $\leq$  selisih  $\leq$  BNT 1% maka berbeda nyata
- Jika selisih  $\geq$  BNT 1% maka berbeda sangat nyata
-

### 3.5 Prosedur Penelitian

Pada Pelaksanaan Penelitian ini dengan mengetahui Pengaruh Pemberian Campuran Pupuk Urea dan SP 36 Terhadap Kandungan protein Pada Kultur Sel *Spirulina* sp . Adapun beberapa tahapan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

#### 3.5.1 Sterilisasi Alat dan Media

##### 3.5.1.1 Mensterilisasi Alat

Pada sterilisasi peralatan kultur *Spirulina* sp. Adapun tahapan yang dapat dilakukan sebagai berikut :

- Toples 10 liter, botol sampel, selang, batu aerasi, gelas ukur, beaker glass, pipet tetes, pipet volume, pengaduk, cawan porselen dan erlenmeyer dicuci bersih menggunakan detergen dan kemudian dibilas dengan aliran air kran.
- Setelah dibersihkan, peralatan gelas yang tahan panas disterilisasi dengan autoklaf pada suhu 121<sup>0</sup>C tekanan 1,5 atm selama 15 menit.
- Sedangkan peralatan yang tidak tahan panas disterilkan dengan larutan clorin selama 24 jam dan direndam dengan air tawar selama 24 jam.
- Hasil Sterilisasi Peralatan Kultur.

##### 3.5.1.2 Sterilisasi Air Laut

Pada sterilisasi air laut, adapun tahapan yang dapat dilakukan sebagai berikut yaitu :

- Air laut di saring dengan menggunakan kain saring pada wadah terpisah
- Kemudian, Air laut dicampur dengan aquadest, dan ditambahkan dengan NaOCl, direndam selama 3 hari.

- Diukur salinitas air laut steril dengan menggunakan refraktometer
- Hasil Sterilisasi Air Laut.

### 3.5.2 Persiapan Penelitian

#### 3.5.2.1 Persiapan Wadah dan Peralatan Penunjang Lainnya

Persiapan awal penelitian ini dimulai dengan menyiapkan 9 toples dengan volume 10 liter dan peralatan penunjang lainnya yaitu : menyiapkan pipet tetes, beaker glass 500 ml, selang, aerator dan batu aerasi yang sudah disterilisasi.

#### 3.5.2.2 Persiapan Media Kultur *Spirulina* sp.

Pada persiapan media kultur *Spirulina* sp. adapun beberapa tahapan yang harus dilakukan yaitu :

- Menyiapkan 9 toples steril dengan volume 10 liter
- Menyiapkan media untuk kultur *Spirulina* sp. dengan menggunakan volume 5000 ml air laut dengan salinitas 30 ppt
- Memasukkan pupuk urea dan SP 36 sesuai perlakuan dan diaerasi sampai tercampur rata
- Memasukkan bibit *Spirulina* sp.
- Hasil Media Kultur *Spirulina* sp.

### 3.5.2.3 Persiapan Bibit dan Laju Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Bibit *Spirulina* sp. diperoleh dari Balai Benih Air Payau Situbondo yang diambil dari stok. Edhy *et al.*, 2003 menyatakan bahwa, dalam perhitungan jumlah bibit *Spirulina* sp. untuk kultur menggunakan rumus :

$$V1 = \frac{N2 \times V2}{N1}$$

Keterangan : V1 = Volume bibit untuk penebaran awal (ml)

N1 = Kepadatan bibit/stock *Spirulina* sp. (unit/ml)

V2 = Volume media kultur yang dikehendaki (l)

N2 = Kepadatan bibit *Spirulina* sp. yang dikehendaki (unit/ml).

Hasibuan (2009) mengungkapkan bahwa laju pertumbuhan sel mikroalga dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$K = \frac{\ln Nt - \ln N0}{t}$$

Keterangan :

K = laju pertumbuhan *Spirulina* sp. per hari

Nt = jumlah populasi setelah t hari

N0 = jumlah populasi awal

T = waktu pengamatan (hari).

### 3.5.3 Pelaksanaan Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian ini, adapun langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai berikut yaitu :

- Meletakkan secara acak masing-masing toples sesuai perlakuan
- Media air laut dimasukkan dengan volume 5 liter ke setiap toples

- Pupuk urea dan pupuk SP 36 ditambahkan kedalam setiap toples perlakuan dengan konsentrasi yang ditetapkan sebelumnya
- Proses selanjutnya diberi aerasi selama 24 jam
- Bibit *Spirulina* sp. siap diterbar dengan kepadatan awal  $6 \times 10^4$  ind/ml
- Pertumbuhan populasi mikroalga *Spirulina* sp. setiap 1 hari sekali yang dimulai dari hari pertama penebaran
- Setiap harinya diamati parameter kualitas air seperti suhu, pH, DO, salinitas,  $\text{CO}_2$ , nitrat dan orthofosfat
- Dihitung jumlah populasi *Spirulina* sp.
- Melakukan proses pemanenan *Spirulina* sp. pada hari ke-6
- Siap diujikan kandungan protein pada sampel *Spirulina* sp.

### 3.6 Parameter Uji

Parameter uji dalam penelitian ini adalah pada kelimpahan *Spirulina* sp. Berdasarkan Amini, 2010. Perhitungan kelimpahan sel mikroalga menggunakan persamaan berikut ini :

$$\frac{n}{x} \times \frac{10.000}{1} = \text{sel/ml}$$

Keterangan :

n = total sel hasil perhitungan

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

### 3.6.1 Parameter Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.

Pengukuran parameter kualitas air, umumnya dilakukan berdasarkan pedoman yang digunakan di Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan FPIK Universitas Brawijaya yang mengacu pada metode analisis kualitas air (Hariyadi *et al.*, 1992).

#### ➤ Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu menggunakan thermometer air raksa dengan skala 0-50°C dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Mencelupkan thermometer air raksa (skala 0–50 °C) ke dalam perairan
- Mendinginkan selama 3 menit
- Membaca skala pada thermometer ketika masih di dalam air
- Hasil pengukuran suhu

#### ➤ Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan kotak standart. adapun, langkah–langkah sebagai berikut :

- Menyiapkan pH pen
- Dikalibrasi pH pen dengan aquadest sebelum digunakan
- pH pen dimasukkan kedalam air dan kemudian dilihat angka pada layar pH pen
- Mencatat hasil angka yang tertera pada layar pH pen
- Hasil pengukuran pH.

#### ➤ Pengukuran DO (*Dissolved Oxygen*)

Pengukuran DO dilakukan dengan menggunakan metode titrasi, adapun langkah-langkah sebagai berikut :

- Menyiapkan DO meter

- DO meter terlebih dahulu dikalibrasi dengan *aquadest* sebelum digunakan
- Memasukkan DO meter ke dalam air dan kemudian dilihat angka pada DO meter
- Mencatatkan hasil yang tertera pada layar DO meter
- Hasil pengukuran DO meter.

➤ **Pengukuran Salinitas**

Pengukuran salinitas, adapun langkah-langkah sebagai berikut :

- Membuka penutup refraktometer dan ditetaskan dengan *aquadest* serta menstandarkannya agar garis biru berhimpit dengan angka nol
- Membersihkan kaca obyek refraktometer dengan tissue dan ditetaskan air sampel secukupnya
- Dilihat nilai salinitas yang tertera pada skala refraktometer
- Mencatat hasil yang tertera pada lensa refraktometer
- Hasil pengukuran salinitas.

➤ **Pengukuran Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)**

Pengukuran CO<sub>2</sub>, adapun langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai berikut yaitu :

- Menyaring air sampel dan dimasukkan 25 ml air sampel ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 3 tetes indikator PP
- Kemudian, apabila air berwarna merah muda berarti air tersebut mengandung CO<sub>2</sub> bebas dan apabila air tidak berwarna merah muda setelah ditetesi indikator PP, maka harus dilakukan titrasi dengan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,00454 N sampai warna air menjadi merah muda (pink) pertama kali

- Mencatat volume  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang terpakai (ml titran). Selanjutnya dihitung kadar karbondioksida dengan rumus :

$$\text{CO}_2 \text{ (mg/l)} = \frac{V.\text{titran} \times N.\text{titran} \times 22 \times 1000}{V.\text{air sampel}}$$

Keterangan :

V.titran =  $V_2 - V_1$  (ml)

N.Titran = angka ketetapan titrasi (0,0454 N)

V. air sampel = volume air yang digunakan

- Hasil pengukuran karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ).

#### ➤ **Pengukuran Nitrat**

Pada pengukuran nitrat, adapun langkah-langkah yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut :

- Menyaring air sampel dan dimasukkan 12,5 ml air sampel ke dalam cawan porselen
- Air sampel diuapkan di atas hot plate sampai kering (terbentuk kerak)
- Menunggu hingga dingin dan kemudian ditambahkan 8 tetes Asam Fenol Disulfonik dan diaduk dengan spatula sampai kerak larut
- Menambahkan aquadest 3 ml dan ditetesi  $\text{NH}_4\text{OH}$  5 tetes
- Mengencerkan kembali dengan aquadest sampai 12,5 ml
- Sampel air dimasukkan kedalam cuvet dan dianalisis pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 690 nm
- Hasil pengukuran nitrat.

### ➤ **Pengukuran Orthofosfat**

Pada pengukuran orthofosfat, adapun langkah–langkah yang dilakukan sebagai berikut yaitu :

- Menyaring air sampel dan dimasukkan 25 ml air sampel ke dalam Erlenmeyer
- Menambahkan 1 ml *ammonium molybdate* ke dalam erlenmeyer dan dikocok hingga homogen
- Menambahkan 5 tetes  $\text{SnCl}_2$  dan dihomogenkan
- Sampel air dimasukkan ke dalam cuvet dan dianalisis pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 690 nm
- Hasil pengukuran orthofosfat.

### **3.6.2 Analisis Kadar Protein**

AOAC (1995) menyatakan bahwa, pada pengujian analisis kadar protein, adapun langkah–langkah yang harus dilakukan sebagai berikut yaitu :

- Sampel sebanyak 0,5 gram dimasukkan kedalam labu Kjeldahl
- Kemudian, ditambahkan tablet Kjeldahl sebanyak  $\frac{1}{4}$  bagian dan ditambahkan 10 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat
- Panaskan abu tersebut di atas pemanas Kjeldahl dalam almari asam selama  $\pm 1,5$  jam
- Biarkan beberapa saat sampai labu menjadi dingin dan masukkan 50 ml aquadest ke dalam labu destilasi yang telah diisi dengan batu didih (pecahan kaca)
- Tuangkan larutan yang ada dalam labu Kjeldahl dan dibilas dengan aquadest sedikit demi sedikit
- Tambahkan 30 ml larutan  $\text{NaOH}$  40 % sedikit demi sedikit lalu tutup dengan sumbatan karet dan goyang-goyang secara pelan

- Siapkan erlenmeyer yang telah diisi dengan 25 ml larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1 N dan 3 tetes indikator metal merah. Kemudian labu destilasi dirangkai dengan pendingin *Liebiegh* menggunakan pipa bengkok. Uap  $\text{NH}_3$  yang keluar dtampung dalam erlenmeyer yang berisi larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan indikator tersebut. Alirkan air melalui pendingin *Liebiegh* dan nyalakan api Bunsen.
- Proses destilasi dihentikan jika larutan dalam labu destilasi tinggal 1/3 bagian.
- Hasil destilasi yang ditampung dalam erlenmeyer dititrasi menggunakan  $\text{NaOH}$  0,1 N sampai terjadi perubahan warna dari merah muda menjadi jingga

$$\text{Kadar Protein (\%)} = (A - B) \times N \text{ NaOH} \times 14,007 \times 6,25 \times 100 \%$$

Keterangan :

A : volume NaOH untuk titrasi sampel	14,007 : berat atom N
B : volume NaOH untuk titrasi larutan blanko	6,25 : faktor konversi protein
N NaOH : normalitas HCl (0,1 N)	

- Hasil analisis kadar protein.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.

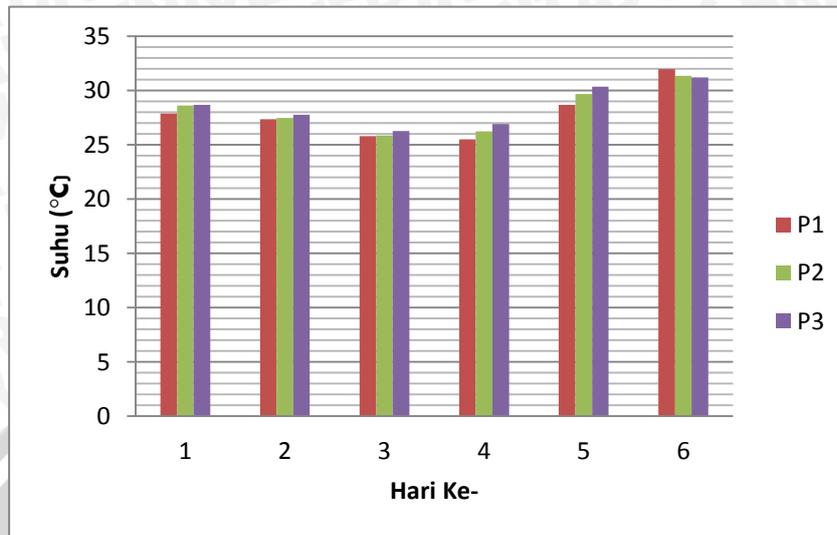
###### 4.1.1 Suhu

Suhu adalah salah satu faktor kehidupan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroalga perairan. Endrawati dan Riniatsih, (2013) menjelaskan bahwa, Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang penting untuk mempengaruhi tingkat pertumbuhan dan metabolisme mikroalga, Suhu air sangat berperan dalam kultur mikroalga di laboratorium, karena sangat mempengaruhi aktivitas enzim dalam metabolisme sel. Pada pengamatan kualitas air *Spirulina* sp. selama hari ke-1 sampai hari ke-6 selama proses pengkulturan, diperoleh hasil rata-rata pengukuran suhu pada perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l). rata-rata pengamatan suhu kualitas air media kultur *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut :

**Tabel 2. Rata-rata Pengamatan Suhu Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.**

Hari Ke-	P1 (°C)	P2 (°C)	P3 (°C)
1	27.87	28.60	28.67
2	27.33	27.47	27.77
3	25.80	25.83	26.27
4	25.50	26.23	26.90
5	28.67	29.67	30.33
6	31.97	31.33	31.20
Rata-rata	27.86	28.19	28.52

Dari hasil data Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil suhu kualitas air *Spirulina* sp. pada perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) mempunyai suhu optimum 31,97°C dan suhu minimum 25,50°C, perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) memiliki suhu optimum 31,33°C dan suhu minimum 25,83°C dan pada perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) mempunyai suhu optimum 31,20°C dan suhu minimum 26,27°C. Hal ini sesuai dengan Hasnawati, 2014 menyatakan pada umumnya suhu optimal pada perkembangan fitoplankton adalah 29°C–30°C tetapi pada umumnya jenis fitoplankton dapat berkembang dengan baik pada suhu 25°C atau lebih. Kisaran suhu optimal bagi pertumbuhan mikroalga adalah 25°C–40°C (Prasetyo dan Kusumanigrum, 2014). Kemudian, pengukuran suhu kualitas air kultur *Spirulina* sp. dengan 3 kali ulangan yang telah dirata-ratakan hasil penjumlahan ulangannya, maka diperoleh hasil perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) hari ke-1 sampai hari ke-6. Data hasil rata-rata suhu kualitas air media kultur *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 7 sebagai berikut :



**Gambar 7. Data Hasil Rata-rata Suhu Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.**

Berdasarkan data hasil Gambar 7 dapat dilihat suhu kualitas air *Spirulina* sp. dimulai dari hari ke-1 sampai hari ke-6 semakin hari semakin meningkat pada semua perlakuan, namun memiliki rata-rata suhu optimum maupun minimum yang hampir tidak jauh berbeda disetiap perlakuan maka suhu minimum sebesar 27,86°C pada perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan suhu optimum sebesar 28,52°C diperlakukan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), dimana *Spirulina* sp. yang berasal dari divisi atau divisio Cyanophyta mempunyai suhu yang lebih tinggi dibandingkan divisio Chlorophyta. Organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu (batas atas dan bawah) yang disukai bagi pertumbuhannya seperti alga dari divisio Chlorophyta dan diatom akan tumbuh baik pada kisaran suhu berturut-turut 30°C–35°C dan Suhu 20°C–30°C, divisio Cyanophyta lebih toleran terhadap kisaran suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan Chlorophyta dan diatom (Makmur *et al.*, 2011).

#### 4.1.2 Derajat Keasaman (pH)

pH adalah salah satu parameter kualitas air yang dapat menentukan suatu perairan bersifat asam atau basa dengan ditunjukkan pada nilai pH yang tinggi (asam) dan rendah (basa). Nilai pH menunjukkan derajat keasaman atau kebasaan suatu perairan. Karena pH mempunyai pengaruh yang besar terhadap kehidupan tumbuhan dan hewan akuatik, maka pH suatu air sering kali dipakai sebagai petunjuk baik atau buruknya perairan sebagai lingkungan hidup, (Hasnawati, 2014). Pengukuran Derajat keasaman kualitas air kultur *Spirulina* sp. dengan 3 kali ulangan disetiap perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) yang sebelumnya sudah didapatkan hasil rata-ratanya. rata-rata pengamatan pH kualitas air media kultur *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut :

**Tabel 3. Rata-rata Pengamatan pH Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.**

Hari Ke-	P1	P2	P3
1	7.57	7.40	7.37
2	8.43	8.47	8.60
3	7.57	7.73	7.87
4	8.27	8.17	8.27
5	8.63	8.50	8.60
6	9.64	9.81	9.66
Rata-rata	8.35	8.35	8.39

Berdasarkan Tabel 3 nilai pH pada setiap perlakuan yang ada yaitu perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) hari ke-6 memiliki nilai pH optimum sebesar 9,64 dan pH minimum pada hari ke-1 dan ke-3

sebesar 7,57, perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) mempunyai nilai pH optimum dihari ke-6 sebesar 9,81 dan pH minimum dihari ke-1 sebesar 7,40, Selanjutnya pada perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) memiliki nilai pH optimum dihari ke-6 sebesar 9,66 dan pH minimum pada hari ke-1 sebesar 7,37. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, nilai pH optimum kualitas air kultur *Spirulina* sp. terdapat dihari ke-6 sebesar 9,81 pada perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan nilai pH minimum terdapat dihari ke-1 sebesar 7,37 diperlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l). Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7–8,5 kebanyakan bahwa perairan alami mempunyai nilai pH 5–10 dengan kisaran 6,5–9,0 (Makmur *et al.*, 2011).

*Spirulina* juga memiliki kemampuan untuk tumbuh di media yang mempunyai alkalinitas tinggi, (pH 8,5–11) (Christwardana *et al.*, 2014). Pada pengukuran derajat keasaman (pH) *Spirulina* sp. dengan 3 kali ulangan mempunyai hasil rata-rata untuk setiap perlakuannya yaitu perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l). Data hasil rata-rata pH kualitas air media kultur *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 8 sebagai berikut :



**Gambar 8. Data Hasil Rata-rata pH Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.**

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat hasil derajat keasaman (pH) relatif meningkat dari pengukuran kualitas air kultur *Spirulina* sp. pada hari ke-1 sampai hari ke-6, rata-rata memiliki pH optimum sebesar 8,39 dan minimum sebesar 8,35 dari semua perlakuan yang ada. Maniagasi *et al.*, 2013 menjelaskan nilai pH pada banyak perairan alami berkisar 4 sampai 9. Derajat keasaman atau pH air menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam larutan tersebut dan dinyatakan sebagai konsentrasi ion hidrogen (dalam mol per liter) pada suhu tertentu. Rendahnya pH suatu perairan disebabkan karena kandungan asam sulfat yang terkandung pada perairan cukup tinggi. Sebaliknya untuk tingginya pH suatu perairan dapat disebabkan oleh tingginya kapur yang masuk ke perairan tersebut.

#### 4.1.3 Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* adalah suatu parameter kualitas air yang sangat penting pada umumnya bagi organisme akuatik. Oksigen terlarut dalam air merupakan parameter yang sangat vital bagi

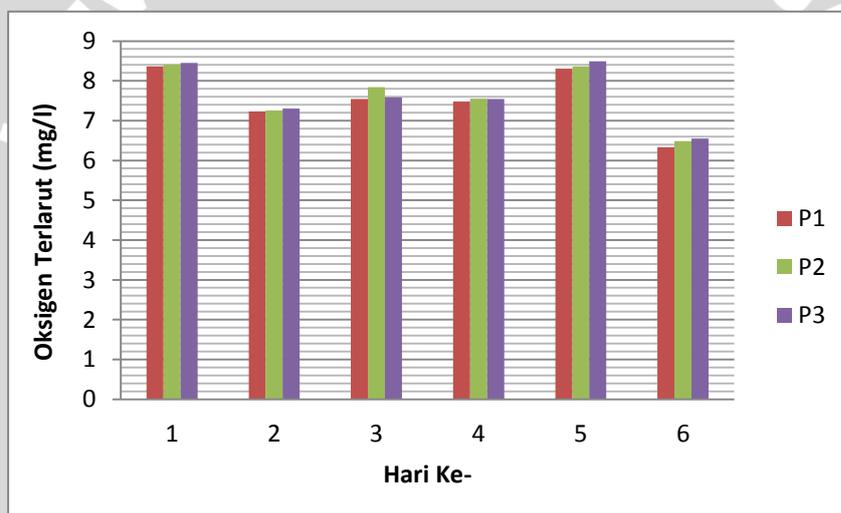
kehidupan organisme perairan. Konsentrasi oksigen terlarut cenderung berubah-ubah sesuai dengan keadaan atmosfer. Penurunan kadar oksigen terlarut mempunyai dampak nyata terhadap biota perairan. Berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam air dapat disebabkan antara lain oleh naiknya temperature (suhu) dan salinitas (Ruyitno *et al.*, 2003). Pengukuran oksigen terlarut kualitas air kultur *Spirulina* sp. pada setiap perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l). Pengamatan Oksigen Terlarut kualitas air media kultur *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut :

**Tabel 4. Rata-rata Pengamatan DO Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.**

Hari Ke-	P1 (mg/l)	P2 (mg/l)	P3 (mg/l)
1	8.36	8.41	8.45
2	7.23	7.26	7.30
3	7.55	7.84	7.59
4	7.48	7.55	7.54
5	8.31	8.36	8.49
6	6.33	6.48	6.55
Rata-rata	7.54	7.65	7.65

Dari hasil Tabel 4 dapat disimak bahwa data pengamatan oksigen terlarut kualitas air *Spirulina* sp. cenderung relatif homogen pada setiap perlakuan dosis pupuk dimana telah terjadi peningkatan maupun penurunan pada setiap perlakuan yang ada. Nilai oksigen terlarut (DO) optimum disemua perlakuan terjadi pada hari ke-1 dan ke-5 yaitu : sebesar 8,36–8,49 mg/l, kemudian nilai oksigen minimum terjadi disemua perlakuan khususnya pada

hari ke-6 sekitar 6,33–6,55 mg/l. Variasi kadar oksigen terlarut alami di lapisan permukaan perairan Indonesia berkisar antara 4,50–7,00 mg/l (Simanjatak, 2007). Selanjutnya, pengukuran oksigen terlarut kualitas air kultur *Spirulina* sp. disertai 3 perlakuan dan 3 kali ulangan dengan campuran dan dosis pupuk urea dan SP 36 pada setiap perlakuan yang diujikan. Data hasil rata-rata oksigen terlarut (DO) kualitas air media kultur *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 9 sebagai berikut :



**Gambar 9. Data Hasil Rata-rata DO Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.**

Data hasil DO pada Gambar 9 maka dapat disimpulkan bahwa, hampir disemua perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) memiliki oksigen terlarut yang cukup stabil atau belum melewati ambang batas yaitu berkisar antara 7,23–8,49 mg/l. Sehingga konsentrasi oksigen terlarut tergantung pada lingkungan suatu perairan yang baik, sedikit tercemar, sedang tercemar dan

sangat tercemar. Hadisubroto (1989) menjelaskan bahwa, kondisi perairan dikatakan berkualitas baik apabila nilai konsentrasi oksigen terlarut antara 13,5–15 mg/l dikatakan berkualitas sedikit tercemar jika nilai DO antara 11,25–13,5 mg/l termasuk kategorik tercemar sedang jika nilai DO antara 7,5–11,25 mg/l dan digolongkan dalam kategori sangat tercemar jika nilai DO < 7,5 mg/l. Kandungan oksigen di dalam air yang dianggap optimum bagi budidaya biota air adalah 4-10 mg/l (Kordi *et al.*, 2007).

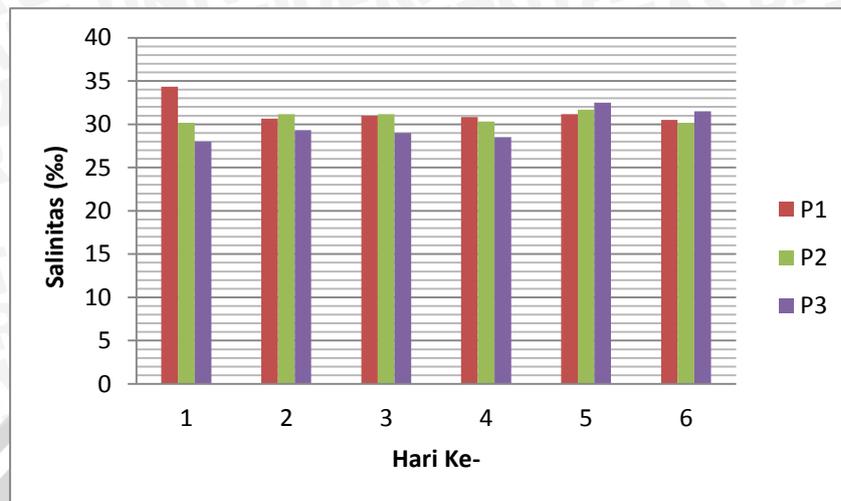
#### 4.1.4 Salinitas

Salinitas adalah jumlah garam terlarut dalam satu kilogram air laut dan dinyatakan dalam satuan perseribu (Hasnawati, 2014). Pada pengukuran salinitas kualitas air kultur *Spirulina* sp. dengan 3 perlakuan dan 3 ulangan yang menggunakan campuran pupuk urea dan SP 36 dengan dosis yang berbeda disetiap perlakuannya yaitu : perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l). rata-rata pengamatan salinitas kualitas air media kultur *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut :

**Tabel 5. Rata-rata Pengamatan Salinitas Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.**

Hari Ke-	P1 (‰)	P2 (‰)	P3 (‰)
1	34.33	30.17	28.00
2	30.67	31.17	29.33
3	31.00	31.17	29.00
4	30.83	30.33	28.50
5	31.17	31.67	32.50
6	30.50	30.17	31.50
Rata-rata	31.42	30.78	29.81

Dari data hasil Tabel 5 pengukuran kualitas air kultur *Spirulina* sp. perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) memiliki salinitas optimum sebesar 34,33 ‰ dihari ke-1 dan salinitas minimum sebesar 30,50 ‰ hampir disemua hari kecuali hari ke-6. Kemudian, perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) mempunyai salinitas optimum pada hari ke-5 sebesar 32,50 ‰ dan salinitas minimum pada hari ke-1 sebesar 28,00 ‰. Nilai kisaran salinitas kualitas air kultur *Spirulina* sp. masih dalam batas optimal atau normal bagi pertumbuhan dan perkembangan *Spirulina* pada umumnya. *Spirulina* sp. dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada salinitas 28–48 ‰ (Nurani, 2012). Setelah itu, pengukuran kualitas air kultur *Spirulina* sp. berdasarkan hasil rata-rata dari setiap ulangan dan perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) yang menggunakan campuran dosis pupuk urea dan SP 36 yang berbeda-beda di setiap perlakuannya. Data hasil rata-rata salinitas kualitas air media kultur *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 10 sebagai berikut :



**Gambar 10. Data Hasil Rata-rata Salinitas Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.**

Berdasarkan Gambar 10 kisaran salinitas pada setiap perlakuan menunjukkan bahwa kisaran salinitas yang selalu mengalami perubahan atau tidak tetap dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan mikroalga pada umumnya, dimana nilai rata-rata salinitas perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) hampir sama yaitu sebesar 31,42 %, kemudian memiliki nilai salinitas berbeda pada perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) adalah sebesar 30,78 %. Hal ini sesuai pendapat Kusumawardani, 2013 mengungkapkan bahwa, Kisaran salinitas yang berubah-ubah dapat mempengaruhi dan menghambat pertumbuhan dari mikroalga. beberapa mikroalga dapat tumbuh dalam kisaran salinitas yang tinggi tetapi ada juga mikroalga yang dapat tumbuh dalam kisaran salinitas yang rendah atau memiliki nilai salinitas terkecil.

#### 4.1.5 Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)

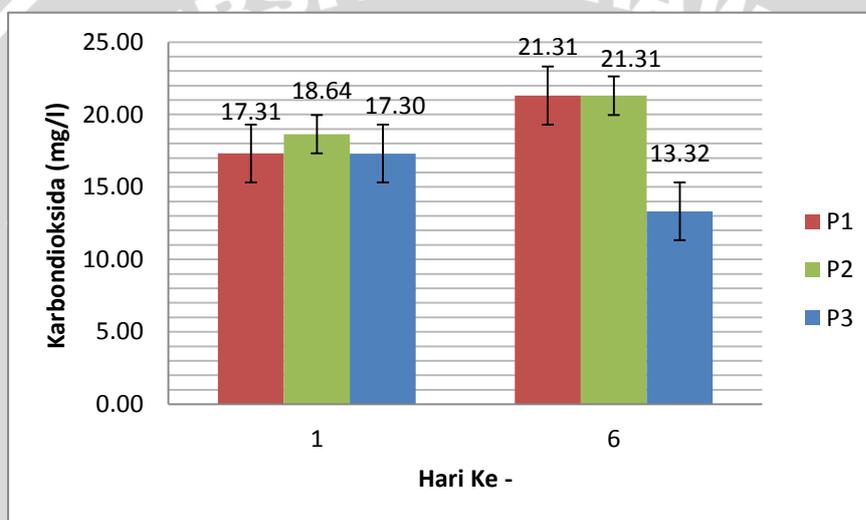
Karbondioksida adalah suatu gas atau unsur yang sangat dibutuhkan dalam suatu proses fotosintesis yang terjadi pada tanaman dalam hal ini fitoplankton. Karbondioksida merupakan gas yang terpenting untuk fitoplankton. Proses fotosintesis di dalam media air tidak dapat terjadi tanpa adanya karbondioksida, sehingga pertumbuhan fitoplankton tidak dapat tumbuh dan perkembangannya tidak pesat (Martosudarmo, 1979). Kemudian, pengukuran karbondioksida (CO<sub>2</sub>) kualitas air kultur *Spirulina* sp. dengan perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l). Hasil rata-rata pengamatan CO<sub>2</sub> kualitas air media kultur *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut :

**Tabel 6. Hasil Rata-rata Pengamatan CO<sub>2</sub> Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.**

Hari Ke-	P1 (mg/l)	P2 (mg/l)	P3 (mg/l)
1	17.31	18.64	17.30
6	21.31	21.31	13.32

Pada data Tabel 6 dapat dilihat dihari ke-1 untuk perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), dan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) mempunyai nilai CO<sub>2</sub> sebesar 17,31 mg/l, 18,64 mg/l dan 17,30 mg/l, sedangkan dihari ke-6 memiliki nilai CO<sub>2</sub> sebesar 21,31 untuk perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), kemudian nilai CO<sub>2</sub> pada perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar 13.32 mg/l. Untuk menentukan

hasil rata-rata dari perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dengan 3 kali ulangan berdasarkan campuran pupuk urea dan SP 36 sesuai pemberian dosis dari masing-masing perlakuan yang ada. Data hasil rata-rata CO<sub>2</sub> kualitas air media kultur *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 11 sebagai berikut :



**Gambar 11. Data Hasil Rata-rata CO<sub>2</sub> Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.**

Dari Gambar 11 dilihat bahwa dari semua perlakuan didasarkan pada hasil rata-rata 3 perlakuan dan 3 kali ulangan maka nilai karbondioksida optimum terdapat pada perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dihari ke-6 sebesar 21,31 mg/l dan karbondioksida minimum sebesar 13,32 mg/l pada perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dihari ke-1.

Konsentrasi CO<sub>2</sub> yang optimal untuk pertumbuhan mikroalga yaitu 3–5 % atau 3–5 mg/l. Ketersediaan CO<sub>2</sub> dapat dilakukan dengan menginjeksikannya lalu menggoyang-goyangkan media (aerasi/proses pengadukan medium kultur) (Ernest, 2012).

#### 4.1.6 Nitrat

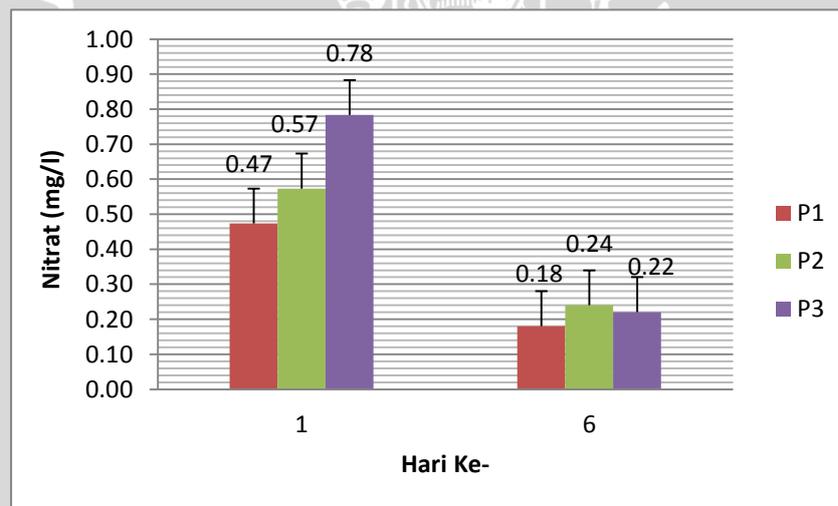
Nitrat (NO<sub>3</sub>) adalah bentuk senyawa nitrogen yang merupakan senyawa yang stabil. Nitrat merupakan salah satu unsur penting yang digunakan untuk sintesa protein oleh tumbuh-tumbuhan dan hewan (Afandi, 2003). Pada pengukuran nitrat kualitas kultur *Spirulina* sp. dengan 3 perlakuan dan 3 ulangan, dimana setiap perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) mempunyai hasil pengukuran nitrat yang berbeda-beda sesuai dengan pemberian campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36. Hasil rata-rata pengamatan nitrat kualitas air media kultur *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Tabel 7 sebagai berikut :

**Tabel 7. Hasil Rata-rata Pengamatan Nitrat Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.**

Hari Ke-	P1 (mg/l)	P2 (mg/l)	P3 (mg/l)
1	0.47	0.57	0.78
6	0.18	0.24	0.22

Berdasarkan data Tabel 7 perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dihari ke-1 mempunyai nilai nitrat sebesar 0,47 mg/l, 0,57 mg/l dan 0,78 mg/l, kemudian nilai nitrat hari ke-6 sebesar 0,18 mg/l, 0,24 mg/l dan 0,22 mg/l. Data hasil nitrat kualitas air kultur

*Spirulina* sp. masih bersifat normal atau tidak berlebihan. Akan tetapi nitrat yang berlebihan ( $>10$  mg/l) dapat menyebabkan pertumbuhan yang pesat dari alga, sehingga dapat menimbulkan permasalahan mengenai kualitas air (Retnosari, 1998). Selanjutnya, dari hasil rata-rata nitrat kualitas air kultur *Spirulina* sp. dari perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) menunjukkan kisaran yang normal. Data hasil rata-rata nitrat kualitas air media kultur *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 12 sebagai berikut :



**Gambar 12. Data Hasil Rata-rata Nitrat Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.**

Dari hasil Gambar 12 nilai nitrat optimum kualitas air kultur *Spirulina* sp. terdapat pada perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) hari ke-1 sebesar 0,78 mg/l dan nilai nitrat minimum terdapat di perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) hari ke-6 sebesar 0,18 mg/l. Sehingga kisaran nitrat masih dalam batas toleransi. Konsentrasi nitrat yang

layak bagi pertumbuhan fitoplankton adalah 0,3–13 mg/l (Hasnawati, 2014). Batas toleransi nitrat terendah untuk pertumbuhan alga adalah 0,1 mg/l sedangkan batas tertingginya adalah 3 mg/l. Apabila kadar nitrat dibawah 0,1 atau di atas 3 mg/l maka nitrat merupakan faktor pembatas (Alam, 2011).

#### 4.1.7 Orthofosfat

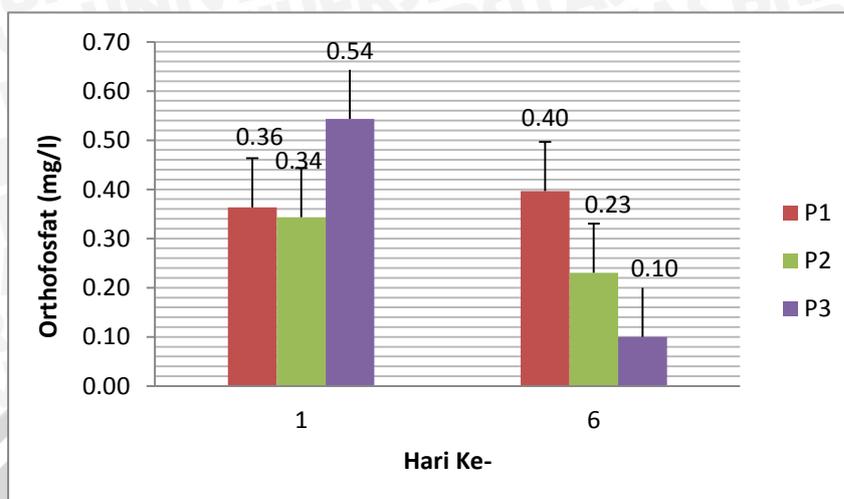
Fosfat ( $PO_4$ ) dapat menjadi faktor pembatas baik secara temporal maupun spasial karena sumber fosfat yang lebih sedikit di perairan sangat dibutuhkan oleh biota laut atau fitoplankton. Fosfat yang merupakan salah satu zat hara yang dibutuhkan untuk proses pertumbuhan dan metabolisme fitoplankton dan organisme laut lainnya dalam menentukan kesuburan perairan, kondisinya tidak stabil karena mudah mengalami proses pengikisan, pelapukan dan pengenceran (Simanjutak, 2012). Pengukuran Orthofosfat atau  $PO_4$  berdasarkan perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) yang disesuaikan dengan pemberian campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 diharapkan dapat memberikan hasil terbaik. Hasil rata-rata pengamatan orthofosfat kualitas air media kultur *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut :

**Tabel 8. Hasil Rata-rata Pengamatan Orthofosfat Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.**

Hari Ke-	P1 (mg/l)	P2 (mg/l)	P3 (mg/l)
1	0.36	0.34	0.54
6	0.40	0.23	0.10

Dilihat dari hasil Tabel 8 dilihat bahwa pada perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dihari ke-1 memiliki nilai orthofosfat sebesar 0,36 mg/l, 0,34 mg/l dan 0,54 mg/l, sedangkan untuk hari ke-6 mempunyai nilai orthofosfat sebesar 0,40 mg/l, 0,23 mg/l dan 0,10 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa, kandungan orthofosfat pada kualitas air kultur *Spirulina* sp. tergolong optimal bagi pertumbuhannya. Lebih lanjut dijelaskan oleh Sumardianto (1995) bahwa kandungan ortofosfat yang optimal bagi pertumbuhan fitoplankton adalah 0.27–5.51 mg/l, dan jika kandungannya kurang dari 0.02 mg/l maka akan menjadi faktor pembatas.

Data hasil perlakuan rata-rata kisaran orthofosfat dari setiap perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) membuktikan bahwa, setiap perlakuan memiliki kisaran orthofosfat yang berbeda-beda. Data hasil rata-rata orthofosfat kualitas air media kultur *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 13 sebagai berikut :



**Gambar 13. Data Hasil Rata-rata Orthofosfat Kualitas Air Media Kultur *Spirulina* sp.**

Berdasarkan data hasil Gambar 13 menunjukkan, kisaran orthofosfat atau fosfat ( $\text{PO}_4$ ) menunjukkan bahwa, kisaran fosfat optimum terdapat pada perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dihari ke-1 sebesar 0,54 mg/l dan kisaran fosfat minimum sebesar 0,10 mg/l pada perlakuan P3 dihari ke-6. Dengan demikian, dapat disimpulkan kisaran dan kandungan fosfat pada media kultur maupun di perairan tidak sama atau berbeda-beda. Alam (2011) mengemukakan pembagian tipe perairan berdasarkan kandungan fosfat di perairan yaitu :

- Perairan dengan tingkat kesuburan rendah memiliki kandungan fosfat kurang dari 2 mg/l.
- Perairan dengan tingkat kesuburan cukup subur memiliki kandungan fosfat 0,021 sampai 0,05 mg/l.
- Perairan dengan tingkat kesuburan yang baik memiliki kandungan fosfat 0,015 sampai 1,00 mg/l.

#### 4.2 Kelimpahan Sel *Spirulina* sp.

Pada penelitian kultur *Spirulina* sp. dengan menggunakan campuran pupuk urea dan pupuk SP 36 sesuai masing-masing dosis pupuk yang telah ditentukan sebelumnya yang dapat menghasilkan kandungan protein terhadap kultur sel *Spirulina* sp. didapatkan hasil kepadatan *Spirulina* sp. yang dihitung setiap harinya dimulai dari hari ke-0 sampai hari ke-6 dengan perlakuan campuran pupuk urea sebesar 80 mg/l, 100 mg/l dan 120 mg/l dan pupuk SP 36 sebesar 20 mg/l pada semua perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l). Data hasil rata-rata kelimpahan *Spirulina* sp. dengan perlakuan dan campuran dosis pupuk yang berbeda-beda disetiap perlakuannya yaitu perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut :

**Tabel 9. Data kelimpahan Sel *Spirulina* sp.**

Hari Ke-	P1 (sel/ml)	P2 (sel/ml)	P3 (sel/ml)
0	60,000.00	60,000.00	60,000.00
1	1,803,333.33	2,223,333.33	2,913,333.33
2	2,230,000.00	3,260,000.00	3,763,333.33
3	2,893,333.33	3,643,333.33	5,140,000.00
4	3,390,000.00	4,106,666.67	5,333,333.33
5	3,340,000.00	4,183,333.33	5,536,666.67
6	3,803,333.33	5,026,666.67	5,646,666.67
Rata - rata	2,502,857.14	3,214,761.90	4,056,190.48

- Keterangan : P1 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (80 mg/l dan 20 mg/l)  
P2 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (100 mg/l dan 20 mg/l)  
P3 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (120 mg/l dan 20 mg/l)

Berdasarkan hasil Tabel 9 disimpulkan bahwa pemberian dosis pupuk tertentu dapat menghasilkan kelimpahan optimum pada perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) hari ke-6 dengan kelimpahan *Spirulina* sp. sebesar  $5,646 \pm 5$  sel/ml, kemudian kelimpahan minimum *Spirulina* sp. terdapat pada hari ke-1 perlakuan pupuk P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $1,803 \pm 5$  sel/ml. Sedangkan pada hari ke-0 padat penebarannya sama untuk semua perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), dan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l). Abidin dan Trihandaru (2009) menyatakan bahwa, perhitungan kelimpahan mikroalga dibagi menjadi 2 yaitu perhitungan langsung dan tidak langsung. Sel alga tumbuh sangat cepat di dalam suatu kultur dan ketika pertumbuhannya berhenti beberapa proses metabolisme yang terhambat mungkin disebabkan karena kurangnya kualitas nutrisi dan adanya kontaminasi. Untuk memaksimalkan jumlah dan kualitas mikroalga, penentuan waktu optimal untuk panen adalah sangat esensial untuk pertumbuhan populasi sel mikroalga. Perhitungan secara langsung adalah suatu teknik yang digunakan untuk menghitung jumlah sel alga pada saat itu per-satuan unit volume (jumlah sel/ml air media kultur), perhitungan sel mikroalga biasanya dengan menggunakan *haemocytometer*.

Penelitian kultur *Spirulina* sp. ini dilakukan secara skala laboratorium dan menggunakan media maupun peralatan kultur yang steril sehingga akan menghasilkan hasil panen kultur sel mikroalga *Spirulina* sp. yang dikehendaki. Hal ini sesuai dengan pendapat Kusdarwati, 2011 mengungkapkan kultur skala laboratorium merupakan kultur fitoplankton murni atau monospesies, sehingga diperlukan kesterilan media kultur dan peralatan. Kemudian pengamatan pertumbuhan kelimpahan sel *Spirulina* sp. dilakukan setiap harinya dengan menggunakan *haemocytometer* dimulai dari fase adaptasi sampai pada fase logaritmik (eksponensial). Fase eksponensial merupakan fase yang terjadi setelah fase adaptasi yang ditandai dengan pembelahan sel-sel baru dan laju pertumbuhan tetap. Pada kondisi kultur yang optimum laju pertumbuhan pada fase ini mencapai maksimal (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

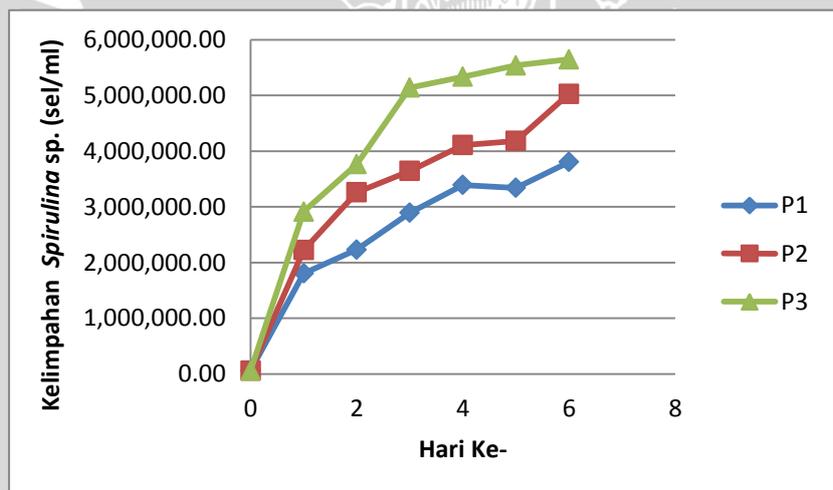
Pada kultur yang optimum, laju pertumbuhan pada logaritmik (eksponensial) mencapai maksimum atau puncak tertinggi, dimana sel *Spirulina* sp. atau mikroalga lainnya mempunyai perbedaan dan karakteristik yang digunakan untuk membedakan divisi mikroalga. Graham dan Wilcox, 2000 menyatakan sel mikroalga dapat dibagi menjadi sepuluh divisi, dan setiap divisi mempunyai karakteristik yang ikut memberikan andil pada kelompoknya, tetapi Spesies-spesiesnya cukup memberikan perbedaan-perbedaan dari lainnya. Ada empat karakteristik yang digunakan untuk membedakan divisi mikroalga yaitu; tipe jaringan sel, ada tidaknya flagella, tipe komponen fotosintesa, dan jenis pigmen sel. Selain itu morfologi sel dan bagaimana sifat sel yang menempel berbentuk koloni/filament adalah merupakan informasi penting didalam membedakan masing-masing kelompok.

Perhitungan kelimpahan *Spirulina* sp. pada hari ke-0 dengan perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) mempunyai kelimpahan yang sama yaitu 60,000 sel/ml. Sedangkan kelimpahan *Spirulina* sp. pada hari ke-1 perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) yaitu sebesar  $1,803 \pm 5$  sel/ml, perlakuan P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $2,223 \pm 5$  sel/ml dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $2,913 \pm 5$  sel/ml. kelimpahan *Spirulina* sp. pada hari ke-2 perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $2,230 \pm 5$  sel/ml, perlakuan P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $3,260 \pm 5$  sel/ml dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) yaitu sebesar  $3,763 \pm 5$  sel/ml. Selanjutnya, pada hari ke-3 kelimpahan *Spirulina* sp. dengan perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $2,893 \pm 5$  sel/ml, perlakuan P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $3,643 \pm 5$  sel/ml dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $5,140 \pm 5$  sel/ml.

Kemudian, pada hari ke-4 kelimpahan *Spirulina* sp. pada perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $3,390 \pm 5$  sel/ml, perlakuan P2 sebesar  $4,106 \pm 5$  sel/ml dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $5,333 \pm 5$  sel/ml. kelimpahan *Spirulina* sp. pada hari ke-5 perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $3,340 \pm 5$  sel/ml, perlakuan P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $4,183 \pm 5$  sel/ml dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $5,536 \pm 5$  sel/ml. Perhitungan kelimpahan

*Spirulina* sp. hari terakhir atau hari ke-6, pada perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $3,803 \pm 5$  sel/ml, perlakuan P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $5,026 \pm 5$  sel/ml dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar  $5,646 \pm 5$  sel/ml.

Hasil kelimpahan sel *Spirulina* sp. pada hari ke-0 sampai hari ke-6 dengan perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dapat dilihat pada Gambar 14 sebagai berikut :



**Gambar 14. Hasil Kelimpahan Sel *Spirulina* sp.**

Keterangan : P1 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (80 mg/l dan 20 mg/l)

P2 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (100 mg/l dan 20 mg/l)

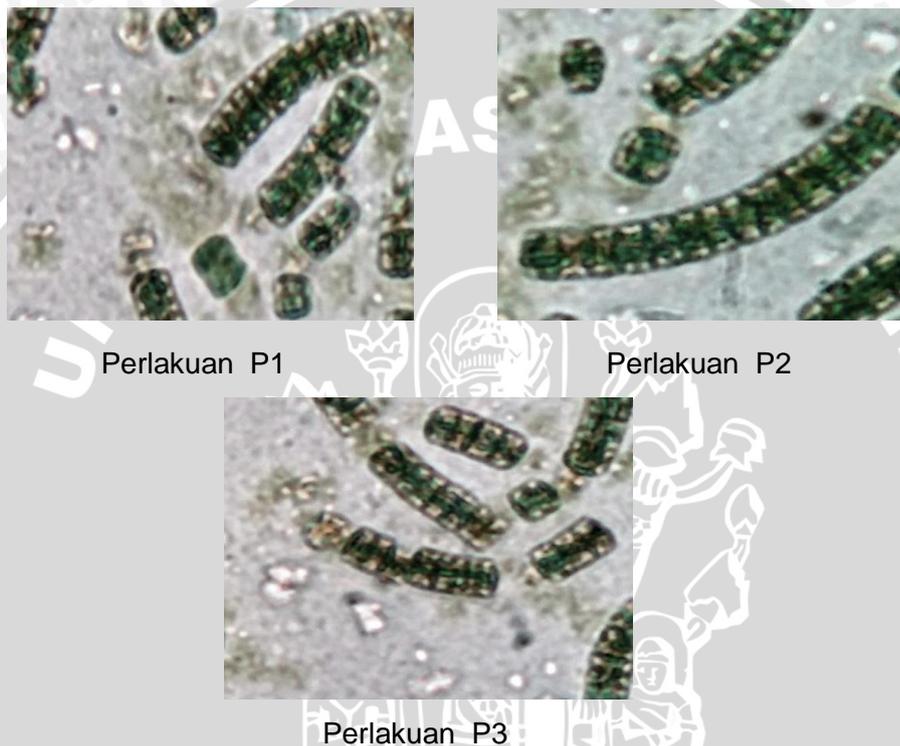
P3 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (120 mg/l dan 20 mg/l)

Dilihat dari data hasil Gambar 14 penentuan campuran dosis pupuk urea dan SP 36 tertentu dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kelimpahan *Spirulina* sp. dimulai dari fase adaptasi sampai fase eksponensial atau puncak

pertumbuhan dan kelimpahan tertinggi *Spirulina* sp. Dimana pada perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) mempunyai nilai kelimpahan yang terus meningkat dari hari ke-0 sampai hari ke-6. Pertumbuhan dan kelimpahan sel *Spirulina* sp. yang meningkat atau mencapai fase logaritmik disebabkan oleh adanya kandungan berbagai unsur hara dan unsur-unsur lainnya dalam kandungan pupuk urea dan SP 36, kandungan unsur hara lainnya juga biasanya terdapat pada media kultur. Pertumbuhan dan kelimpahan sel *Spirulina* sp. akan terus melakukan proses pembelaan sel (menggandakan diri) dalam kurung waktu 24 jam sampai mencapai suatu titik fase tertentu. Hal ini diperkuat oleh Sukarni *et al.*, 2014 mikroalga umumnya menggandakan biomasanya dalam waktu 24 jam. Waktu yang diperlukan untuk penggandaan biomassa selama pertumbuhan eksponensial hanya sekitar 3,5 jam (Christi, 2007).

Dipastikan bahwa kelimpahan sel *Spirulina* sp. pada fase adaptasi sampai fase eksponensial berbeda, hal ini disebabkan oleh media kultur maupun campuran jenis pupuk yang digunakan selama penelitian ini. Perbedaan nilai pada fase tersebut diakibatkan oleh perbedaan keberadaan kandungan nutrisi pada media kultur sehingga mempengaruhi kualitas dan densitas sel. Selanjutnya dikatakan bahwa kandungan protein tetap selama fase eksponensial (Anderson, 2005). Kemudian pertumbuhan maupun kelimpahan sel *Spirulina* sp. akan terus bertambah seiring dengan berjalannya waktu dan dekomposisi nutrisi yang tersedia pada media kultur tersebut.

Pengamatan sel mikroalga *Spirulina* sp. perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dapat dilihat pada Gambar 15 sebagai berikut :



**Gambar 15. Pengamatan Sel *Spirulina* sp. Perlakuan P1, P2 dan P3.**

Keterangan : P1 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (80 mg/l dan 20 mg/l)  
P2 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (100 mg/l dan 20 mg/l)  
P3 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (120 mg/l dan 20 mg/l)

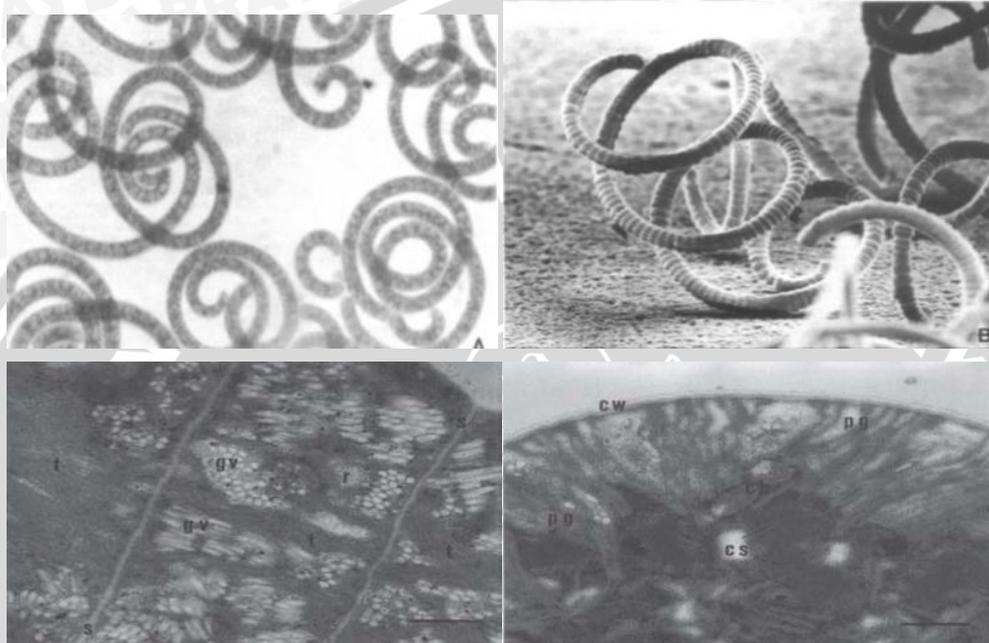
Pada Gambar 15 pengamatan sel *Spirulina* sp. disetiap perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), dimana perkembangbiakan mikroalga terjadi secara

aseksual dapat tumbuh dalam berbagai media yang mengandung cukup unsur hara, seperti N, P, K dan unsur mikro lainnya, kemudian unsur nutrisi yang diperlukan mikroalga dalam jumlah besar adalah karbon, nitrogen, fosfor, sulfur, natrium, magnesium dan kalsium, sedangkan unsur hara dibutuhkan dalam jumlah relatif sedikit adalah besi, tembaga (Cu), mangan (Mn), seng (Zn), Silicon (Si), Boron (B), molybdenum (Mo), vanadium (V) kobalt dan lain sebagainya (Amini dan Sugiyono, 2011).

Pupuk Urea mengandung 46 % unsur N (Nitrogen) dan pupuk SP 36 mengandung 36 % unsur P (Fosfat), dimana kedua unsur ini sangat dibutuhkan tumbuhan maupun mikroalga bagi pertumbuhan dan kelangsungan hidup. Nitrogen merupakan unsur utama bagi pertumbuhan tanaman karena merupakan penyusun protein dan asam nukleat, dengan demikian merupakan penyusun protoplasma secara keseluruhan. nitrogen diperlukan sebagai sumber energi dalam proses fotosintesis. Fosfat (P) merupakan bentuk dari fosfor yang bermanfaat bagi tumbuhan fosfor berperan sebagai faktor pembatas dalam proses fotosintesis (Kushartono *et al.*, 2009).

Apabila sewaktu-waktu terjadi penurunan tingkat pertumbuhan dan kelimpahan sel *Spirulina* sp. hal ini bisa disebabkan oleh faktor lingkungan seperti suhu, cahaya, pH, DO, Salinitas dan lain sebagainya. Hal ini sesuai dengan pendapat Hariyati (2008) mengungkapkan adanya penurunan pertumbuhan dan biomassa dapat disebabkan oleh beberapa hal berikut: berkurangnya nutrisi dalam medium, berkurangnya intensitas cahaya karena pencahayaan sendiri, kompetisi yang semakin besar dalam mendapatkan nutrisi, ruang hidup dan cahaya.

Kemudian, perbandingan pengamatan morfologi *Spirulina* sp. dengan menggunakan *Optical mikroskop* (400X), *mikrograf Scanning electron* dan *Elektron mikrograf* dapat dilihat pada Gambar 16 sebagai berikut :



**Gambar 16 : Morfologi Spirulina (Saleh dan Dolly, 2008).** (A) *Optical mikroskop* (400X) dari *axenic S. platensis*. (B) *mikrograf Scanning elektron* dari trikoma dari *axenic S. platensis*. (C) *Elektron mikrograf* dari *Arthrospira maxima* di bagian membujur menunjukkan pembagian trikoma ke sel oleh lintas dinding (s). kelimpahan vakuola gas (gv), bundel dari membran tilakoid (t), dengan *phycobilisomes* terkait, banyak butiran *osmiophilic* dan ribosom (r). (D) *Elektron mikrograf* dari *Arthrospira platensis* di penampang menunjukkan dinding berlapis-lapis sel (cw) dan organisasi subselular dari sitoplasma. akumulasi butiran polyglucan (pg) dekat dengan dinding sel memanjang (cw) dan dalam ruang tilakoid dalam. di wilayah sitoplasma pusat ada beberapa *carboxysomes* (cs) (panah) dan dua badan silinder (cb). Bar merupakan 0,5 m.

Berdasarkan Gambar 16 *Spirulina* atau *Cyanobacteria* yang umumnya ditemukan di daerah tropis dan subtropis di badan air hangat dengan karbonat tinggi/konten bikarbonat, pH tinggi, dan salinitas. di bawah mikroskop cahaya, *Spirulina* terdiri dari sel-sel vegetatif yang mengalami pembelahan biner dalam

satu bidang pandang, menunjukkan mudah terlihat melintang dinding sel. Filamen yang soliter dan bebas mengambang dan layar meluncur. trikoma, diselimuti oleh selubung tipis, menunjukkan konstriksi kurang lebih sedikit dari sel apikal yang luas bulat atau runcing. Lebar trikoma, terdiri dari lebih pendek dari sel yang luas silinder bervariasi dari sekitar 6 sampai 12 $\mu\text{m}$  (16 $\mu\text{m}$ ) dalam berbagai bentuk. Helix lapangan (h), r adalah jari-jari permukaan silinder yang berbentuk helix, sudut yang dibentuk oleh helix dan silinder yang mewakili kemiringan kurva helix. Dalam banyak strain dua spesies ini, bidang lapang helix bervariasi 12–72 m, diameter heliks bervariasi, mulai dari 30 sampai 70 $\mu\text{m}$  (Ali dan Saleh, 2012).

#### 4.3 Laju Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Pertumbuhan dapat dirumuskan sebagai perubahan ukuran panjang atau berat dalam suatu waktu. Pertumbuhan pada organisme dapat terjadi secara sederhana dengan peningkatan jumlah sel-selnya, dan juga dapat terjadi sebagai akibat dari peningkatan jumlah dan ukuran sel (Kimball, 1998). Jumlah kelimpahan sel *Spirulina* sp. bergantung pada laju pertumbuhannya. Pada perlakuan P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) memiliki pertumbuhan yang cukup baik atau meningkat, hal ini dipengaruhi oleh faktor pemberian atau pemanfaatan pupuk campuran urea dan SP 36 pada media kultur, kemudian faktor lingkungan yang menunjang laju pertumbuhan mikroalga *Spirulina* sp. Laju pertumbuhan *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Tabel 10 sebagai berikut yaitu :

**Tabel 10. Laju Pertumbuhan *Spirulina* sp.**

Hari	P1	P2	P3
1	0.212	0.383	0.256
2	0.260	0.111	0.312
3	0.158	0.120	0.037
4	-0.015	0.018	0.037
5	0.130	0.184	0.020
Total	0.746	0.816	0.662
Rata-rata	0.149	0.163	0.132

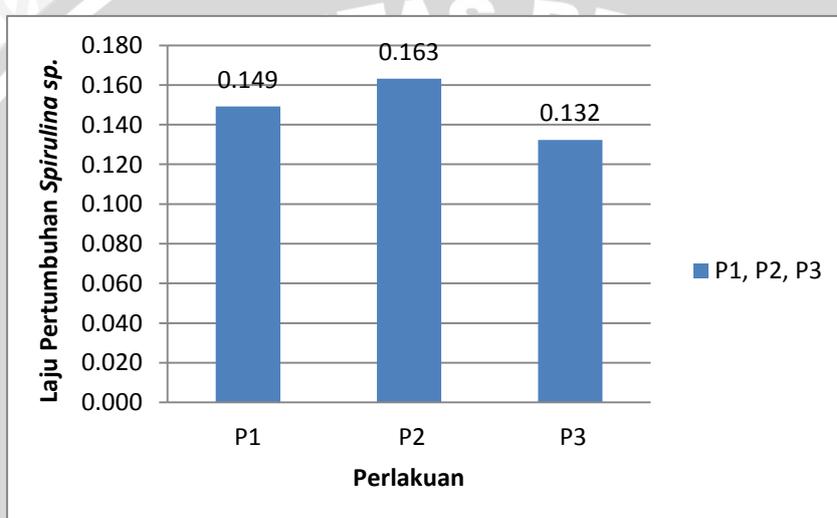
Keterangan : P1 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (80 mg/l dan 20 mg/l)

P2 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (100 mg/l dan 20 mg/l)

P3 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (120 mg/l dan 20 mg/l)

Data Tabel 10 laju pertumbuhan optimum terdapat pada perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) hari ke-2 sebesar 0,260/hari, perlakuan P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) hari ke-1 sebesar 0,383/hari, dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) hari ke-2 sebesar 0.312/hari, dan perlakuan minimum P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) terdapat pada hari ke-4 sebesar -0,015/hari dan 0,018/hari, perlakuan P3 hari ke-5 sebesar 0,020/hari, maka dapat disimpulkan semakin tinggi maupun semakin rendah laju pertumbuhan dipengaruhi oleh kadar nutrisi maupun penyerapan pemanfaatan pupuk pada mikroalga sehingga akan meningkatkan biomassa atau kepadatan mikroalga dan juga laju pertumbuhannya secara umum, kemudian pemberian kadar nutrisi yang berbeda menyebabkan kenaikan jumlah biomassa yang berbeda untuk setiap kadar nutrisi. Hal ini sesuai dengan pendapat Faradilla dan Juwita (2014). Semakin tinggi kadar nutrisi menyebabkan kenaikan jumlah biomassa

mikroalga yang berdampak pada kenaikan laju pertumbuhan spesifiknya dan penambahan nutrisi sedikit demi sedikit sampai mencapai kadar yang diinginkan namun, langsung dikultivasi dengan penambahan nutrisi secara langsung sesuai kadar yang ditentukan sebelumnya. Pengamatan rata-rata laju pertumbuhan *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 17 sebagai berikut :



**Gambar 17. Pengamatan Rata-rata Laju Pertumbuhan *Spirulina* sp.**

Keterangan : P1 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (80 mg/l : 20 mg/l)

P2 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (100 mg/l : 20 mg/l)

P3 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (120 mg/l : 20 mg/l)

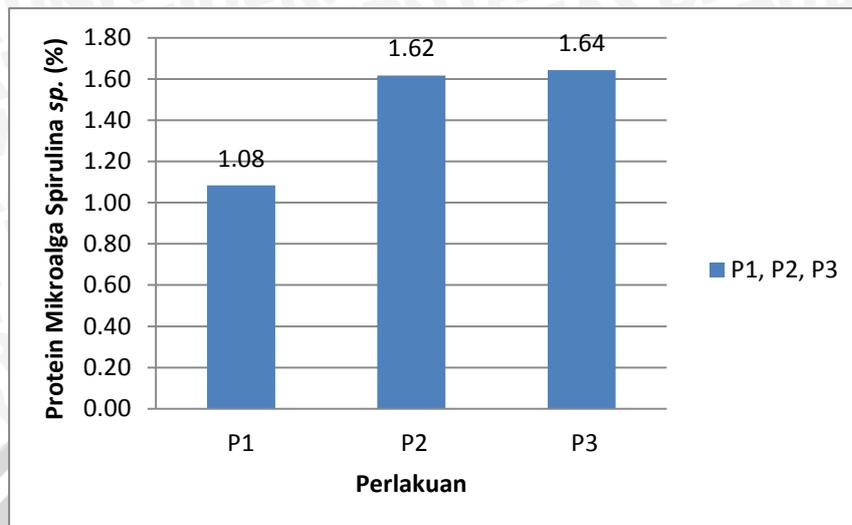
Pada Gambar 17 dapat dilihat bahwa, laju pertumbuhan optimum terdapat pada perlakuan P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar 0.163/hari dan laju pertumbuhan minimum sebesar 0,132/hari diperlakukan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), sehingga laju pertumbuhan optimum atau tinggi akan menghasilkan kandungan protein yang

tinggi pada sel mikroalga. Laju pertumbuhan yang cukup tinggi pada awal kultur dimungkinkan mencapai fase eksponensial mikroalga lebih banyak mensintesis protein yang digunakan untuk pembelahan sel secara umum.

Kemudian, dalam proses pertumbuhan mikroalga memerlukan CO<sub>2</sub> sebagai faktor pembatas dan sumber energi sebagai proses fotosintesis yang akan digunakan sebagai pertumbuhan dan penyuplai cadangan makanan. Karbondioksida merupakan faktor pembatas dalam kultur mikroalga. Penambahan karbondioksida akan mencukupi kebutuhan karbon mikroalga yang selanjutnya akan disintesis menjadi energi. Energi yang dihasilkan pada proses fotosintesis mikroalga dapat digunakan sebagai pertumbuhan, cadangan makanan atau untuk mempertahankan diri saat terjadi tekanan pada lingkungan (Khoo *et al.*, 2011).

#### 4.4 Hasil Protein Mikroalga *Spirulina* sp.

Kultur *Spirulina* sp. dengan menggunakan campuran pupuk urea dan pupuk SP 36 dengan pemberian dosis pupuk berbeda pada perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), P2 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) memiliki dosis pupuk urea sebesar 80 mg/l, 100 mg/l, 120 mg/l dan SP 36 sebesar 20 mg/l untuk semua perlakuan, protein mikroalga *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 18 sebagai berikut :



**Gambar 18. Protein Mikroalga *Spirulina* sp.**

Keterangan : P1 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (80 mg/l dan 20 mg/l)

P2 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (100 mg/l dan 20 mg/l)

P3 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (120 mg/l dan 20 mg/l)

Berdasarkan Gambar 18 kandungan protein optimum mikroalga *Spirulina* sp. terdapat pada perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar 1.64 % dan kandungan protein minimum terdapat diperlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) sebesar 1.08 %, nilai kandungan protein optimum dan minimum tergantung pada suatu media perlakuan dimana adanya keberadaan unsur nitrogen dan unsur fosfor (posphat). Nitrogen merupakan nutrien yang dibutuhkan paling banyak untuk pertumbuhan fitoplankton (Wijaya, 2006). Nitrogen sebagai unsur penting dalam pembentukan klorofil a dan protein (Isnasetyo dan Kurniastuti, 1995). Unsur fosfor ini juga sangat dibutuhkan dalam proses metabolisme sel, pembelahan sel dan transfer energi (Richmond, 1986).

Kandungan hasil protein optimum tergantung pada puncak pertumbuhan dan kelimpahan sel yang paling tinggi dibandingkan perlakuan lain, kemudian dipengaruhi oleh nutrisi pada media kultur *Spirulina* sp. Amanatin, 2013 mengungkapkan bahwa pemenuhan kebutuhan nutrisi untuk *Spirulina* sp. sangat bergantung pada ketersediaannya dalam medium kultur. Komposisi nutrisi yang lengkap dan konsentrasi nutrisi yang tepat menentukan produksi biomassa dan kandungan gizi *Spirulina* sp. Kandungan protein minimum pada *Spirulina* sp, hal ini menunjukkan perubahan faktor lingkungan. Hu dan Gao (2006) menyatakan bahwa fluktuasi kepadatan sel merupakan hasil respon spesifik mikroalga terhadap perubahan faktor lingkungan di sekitarnya. Bahkan perubahan faktor lingkungan diluar rentang optimal bisa direspon negatif oleh mikroalga, secara spesifik dengan menurunkan kelimpahan sel. Perubahan faktor lingkungan bahkan mampu mengubah proporsi karbohidrat, lemak, dan protein pada mikroalga kelompok diatom (Brown *et al.*, 1997).

#### **4.5 Analisis Data Kelimpahan *Spirulina* sp.**

##### **4.5.1 Uji Anova Perlakuan**

Analisis sidik ragam perlu dilakukan untuk melihat adanya pengaruh pemberian campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 dengan dosis pupuk berbeda pada perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), dimana dosis pupuk urea yang digunakan sebesar 80 mg/l, 100 mg/l, dan 120 mg/l, kemudian dosis pupuk SP 36 yang digunakan sebesar 20 mg/l untuk semua perlakuan. Perhitungan kelimpahan sel *Spirulina* sp. dengan menggunakan RAL

sederhana dapat dilihat di Lampiran 3, sedangkan analisa sidik ragam kelimpahan sel *Spirulina* sp. dimana kelimpahan sel *Spirulina* sp. dihitung dengan menggunakan One Way Anova, dimana hasil dari Uji One Way Anova pada perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dengan menggunakan 3 kali ulangan dapat dilihat pada Tabel 11 sebagai berikut :

**Tabel 11. Analisis Sidik Ragam Kelimpahan Sel *Spirulina* sp.**

SK	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	527882222222.220	263941111111.110	26.634**	5.143	10.925
Galat	6	59460000000.000	99100000000.000			
Total	8	587342222222.220				

Keterangan \* = berbeda nyata

\*\* = berbeda sangat nyata

Berdasarkan Tabel 11 didapatkan F hitung (11.597) lebih besar (>) dari F tabel 1 % (10.925) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan yang diberikan mampu memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan sel *Spirulina* sp. maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

#### 4.5.2 Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Perlakuan

Suatu uji BNT perlakuan dapat dilakukan untuk melihat pengaruh pemberian pupuk campuran urea dan pupuk SP 36 dengan dosis pupuk yang berbeda disetiap perlakuan perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l),

dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), dimana dosis pupuk urea yang digunakan sebesar 80 mg/l, 100 mg/l, dan 120 mg/l.

Hasil perhitungan uji BNT dapat dilihat pada Tabel 12 sebagai berikut :

**Tabel 12. Analisis Uji BNT Perlakuan Kelimpahan *Spirulina* sp.**

		P1	P2	P3	Notasi
		3,803,333.33	5,026,666.67	5,646,666.67	
P1	3,803,333.33	-	1,223,333.33	1,843,333.33	a
P2	5,026,666.67	1,223,333.33	-	620,000.00	b
P3	5,646,666.67	1,843,333.33	620,000.00	-	b

Keterangan : P1 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (80 mg/l dan 20 mg/l)

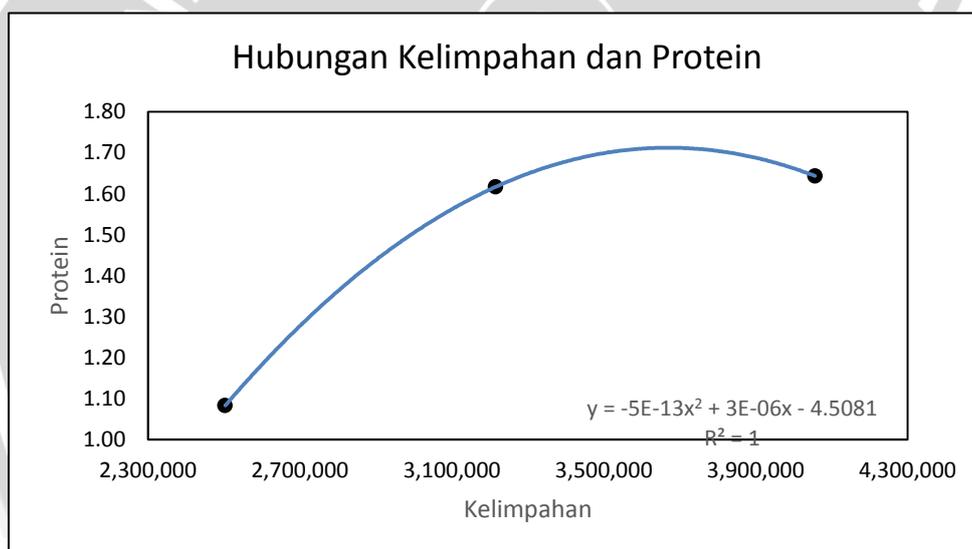
P2 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (100 mg/l dan 20 mg/l)

P3 = Perlakuan campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 (120 mg/l dan 20 mg/l)

Dari Tabel 12 diketahui bahwa perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) berbeda nyata atau signifikan sedangkan perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) tidak memiliki perbedaan kelimpahan yang signifikan satu sama lain. Hal ini dapat dilihat dari notasi masing-masing perlakuan yang sama.

#### 4.5.3 Hubungan antara Kelimpahan dan Protein Mikroalga *Spirulina* sp.

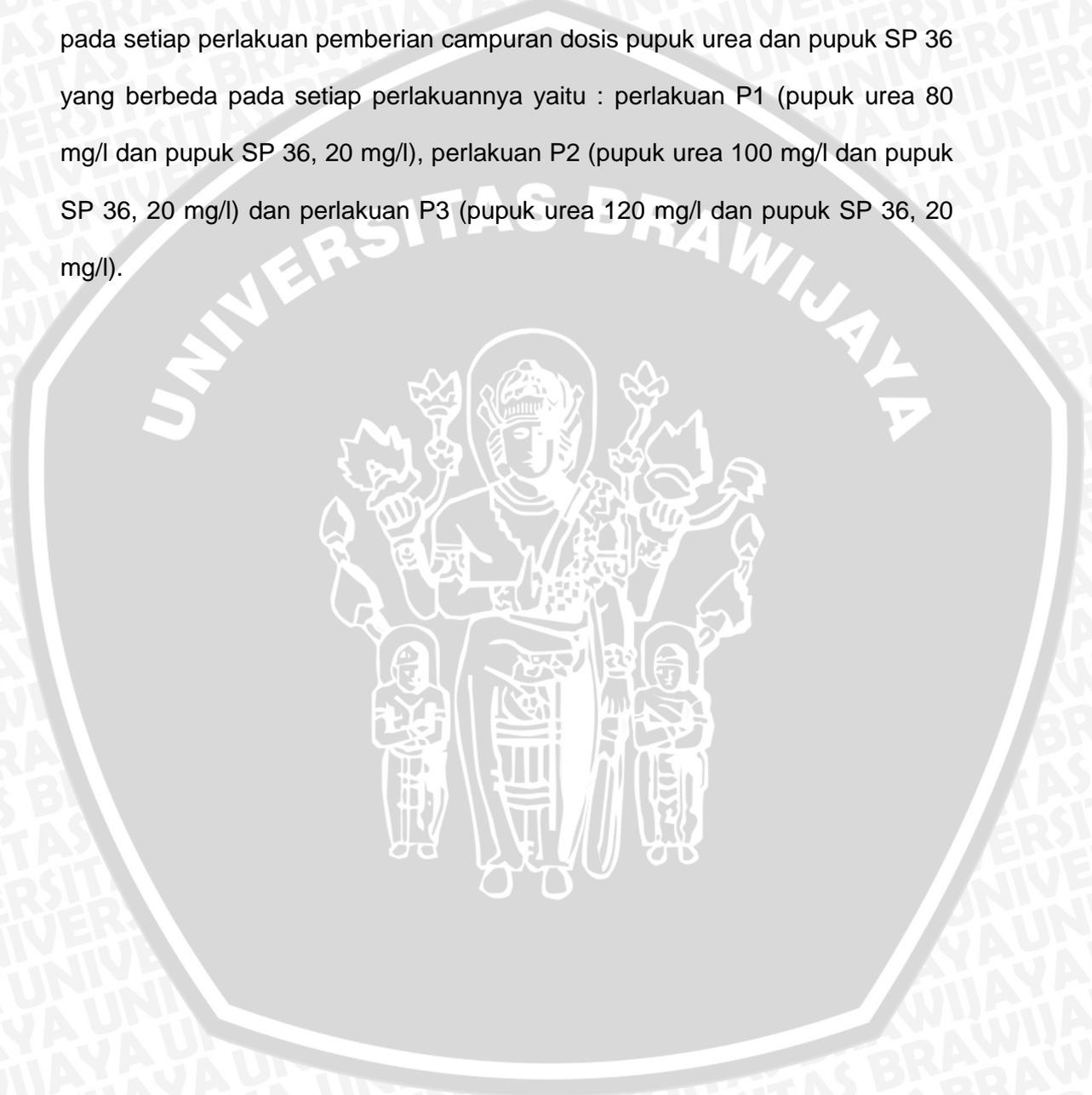
Pada perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) mempunyai kelimpahan sel *Spirulina* sp. berturut-turut yaitu :  $2,502 \pm$  sel/ml ;  $3,214 \pm$  sel/ml dan  $4,056 \pm$  sel/ml, sedangkan kandungan protein *Spirulina* sp. yaitu : 1.08 %, 1.62 % dan 1.64 %. Hubungan kelimpahan dan protein *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 19 sebagai berikut :



**Gambar 19. Hubungan Kelimpahan dan Protein *Spirulina* sp.**

Berdasarkan Gambar 19 konstanta bernilai  $3E-6x$  menunjukkan adanya pengaruh dari kelimpahan maka besar nilai protein adalah  $1E-08$  satuan. Selanjutnya koefisien kelimpahan bernilai  $-5E-13x^2$  menunjukkan perubahan kepadatan sebesar 1 satuan akan menurunkan nilai protein sebesar  $3E-06x - 4.5081$  satuan. Dengan  $R^2$  sebesar 1 menunjukkan protein dipengaruhi sebesar 54,17% oleh kelimpahan dan pengaruh terhadap protein lainnya sebesar

45,83% yang artinya berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kelimpahan sel mikroalga *Spirulina* sp. dimana semakin meningkat kelimpahan sel *Spirulina* sp. maka akan semakin meningkat juga kandungan protein mikroalga *Spirulina* sp. pada setiap perlakuan pemberian campuran dosis pupuk urea dan pupuk SP 36 yang berbeda pada setiap perlakuannya yaitu : perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l), perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l).



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Campuran 120 mg/l pupuk urea dan 20 mg/l pupuk SP 36 selama 6 hari pemeliharaan dapat menghasilkan kelimpahan *Spirulina* sp. tertinggi 4,056,190.48 sel/ml, kemudian kelimpahan terendah di peroleh pada campuran 80 mg/l pupuk urea dan 20 mg/l pupuk SP 36 yaitu 2,502,857.14 sel/ml.

Campuran pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l menghasilkan kandungan protein tertinggi sebesar 1.64 % dan campuran 80 mg/l pupuk urea dan 20 mg/l pupuk SP 36 menghasilkan protein yang terendah yaitu : 1.08 %.

### 5.2 Saran

Pada pemeliharaan *Spirulina* sp. jika di inginkan kelimpahan dan kadar protein tertinggi disarankan menggunakan campuran pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l dengan masa pemeliharaan selama 6 hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin. D dan Trihandaru S. 2009. **Monitoring Densitas Optik *Dunaliella salina* Dengan *Optical Densitometer* Sederhana Serta Uji Kandungan Klorofil**. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains IV, No. 3:594-606.
- Suminar A. S., Jayadi., dan Panji. 2002. **Produksi Pigmen Oleh *Spirulina* Platensi. yang Ditumbuhkan Pada Media Limbah Lateks Pekat. *J Hayati of Biosci.* Vol. 9 : 80-84.**
- Afandi, Y.V., 2003, **“Uji Penurunan Kandungan Nitrat dan Fosfat oleh Alga Hijau (*Chlorella* sp.) secara Kontinyu”**, Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Agus, M. 2008. **Analisis Komparatif *Fat Crab (Scylla* sp.) Dengan Sistem Massal dan Single Room di Tambak**. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan, pena akuatik volume 1 april 2008. Penerbit Fakultas Perikanan Universitas Pekalongan.
- Ahoren, O. 2004. ***A proposal for further integration of the cyanobacteria under the Bacteriological Code.*** Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 54 (Pt 5): 1895–1902.
- Alam, A. A. 2011. **Kualitas Keraginan Rumput Laut Jenis *Eucheuma spinosum*. Di Perairan Desa Penaga Kabupaten Takalar**. Jurusan Ilmu Kelautan, FPIK Hasanuddin, Makasar.
- Alberta, J., A. Manitoba, and S. Saskatchewan. 1999. ***Functions of Phosphorus in Plants. Better Crops.*** 83:1-7.
- Amanatin, M. Dwi. 2013. **Pengaruh Kombinasi Konsentrasi Media Ekstrak Tauge (MET) dengan Pupuk Urea Terhadap Kadar Protein *Spirulina* sp. pada Media Dasar Air Laut**. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. ITS, Surabaya.
- Amini, S dan Syamdidi, 2006. **Konsentrasi Unsur Hara Pada Media Dan Pertumbuhan *Chlorella vulgaris*. Dengan Pupuk Anorganik Teknis Dan Analis**. Jurnal Perikanan (J. Fish. Sci). VII (2): 201-206. ISSN: 0853-6384.
- Amini, S dan Sugiyono. 2011. **Kandungan Minyak Mikroalga Jenis *Tetraselmis* sp. Dan *Chlorella* sp. Berdasarkan Umur Pertumbuhannya**. Jurnal Inovasi Teknologi Akuakultur. Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Jakarta.

- Amini, S. 2010. **Teknik Isolasi Beberapa Jenis Mikroalga Dari Perairan Tawar dan Laut**. Prosiding Seminar Nasional Pengolahan Produk Dan Bioteknologi Kelutan Dan Perikanan.
- Anita, F dan Juwita R. Asmi. 2008. **Pemanfaatan Air Limbah Pabrik Pupuk Kadar Amonia Tinggi Sebagai Media Kultur Mikroalga Untuk Perolehan Sumber Minyak Nabati Sebagai Bahan Bakar Biodiesel**. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Andersen, R.A. 2005. **Algal Culturing Technique**. Isevier Academic Press. UK.
- Anwar, K dan Hidayat Pratikno, 2004. **Pengaruh Konsentrasi Urea, Wakt Pemendaman Dan Tarikan Terhadap Kekatan Sobek Dan Daya Saring Tanah Pada Analisis Penerapan Geotekstil Dalam Rangka Pemuliaan Lahan Pertanian**. Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
- Association of Official Analytical Chemyst (AOAC). 1995. **Official Methode of Analysis of the Association of Official Analytical of Chemist**. The Association of Official Analytical Chemystt. Inc., Arlinton.
- Bold HC, Wyne MJ. 1985. **Introduction to the Algae**. Second Edition. America: Prentice-Hall.
- Boyd, C. E. 1999. **Codes of Practice for Responsible Shripm farming. Department of Fisheries and Allied Aquacultures**, Auburn University, AI USA, 36 pp.
- Brady, NC and RR Well. 2002. **The Nature and Properties of Solis**. 13<sup>th</sup> Edition. Uppers Saddle River, New Jersey. USA.
- Brown, M.R., S.W. Jeffrey, J.K. Volkman, dan G.A Dunstan. 1997. **Nutritional properties of microalgae for mariculture**. Aquaculture. 151: 315-331.
- Christwardana, M., Nur. A. M. M dan Hadiyanto. 2014. **Spirulina platensis.: Potensinya Sebagai Bahan Pangan Fungsional**. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan, Vol. 2, No. 1.
- Colla, LM., Furlong EB., Costa JAV, 2007. **Antioxidant Properties of Spirulina (arthrospira) plantensis cultivated under diffeternt temperature and nitrogen regimes**. Brazilian Archives of Biol and Tech. Vol 50 : 161-167.
- Christi, Y. 2007. **Biodiesel from microalgae Biotechnology Advances** 25, 294-306.
- Dod, K., Hermien S dan Siswandono. 2005. **Pengaruh Nomor Ruas Setek Dan Dosis Pupuk Urea Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Kumis Kucing**. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Jurnal Pertanian Vol. 12 No. 1 : 56-64.

- Edhy. W. A, J. Pribadi dan Kurniawan, 2003. **Plankton di Lingkungan PT. Centralpertiwi Bahari. Suatu Pendekatan Biologi dan Manajemen Plankton dalam Budidaya Udang.** Mitra Bahari, Lampung. Hal. 3-29.
- Effendi, H, 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan.** Kanisius. Yogyakarta.
- Ekawati, A. W, 2005. **Budidaya Makanan Alami.** Fakultas Perikanan, Universitas Brawijaya, Malang.
- Endrawati, H dan Riniatsih I. 2013. **Kadar Total Lipid Mikroalga *Nannochloropsis oculata* yang Dikultur Dengan Suhu yang Berbeda.** PS Ilmu Kelautan, Jurusan Ilmu Kelautan, FPIK, UNDIP. Kampus Tembalang, Semarang. Buletin Oseanografi Marina Vol. 1, hal 25-33.
- Ernest, Prima, 2012. **Pengaruh Kandungan Nitrat Terhadap Pertumbuhan *Nannochloropsis sp.*** Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Gardner FP, Pearce RB and Mitchell RL. 1991. **Fisiologi Tanaman Budidaya” (*Physiology of Crop Plant*).** UI-Press. Jakarta.
- Graham LE and Wilcox LW. 2000. **Algae.** University of Wisconsin Prentice–Hall Inc. Upper Saddle River, New Jersey.
- Hadisubroto, T. (1989). **Ekologi Dasar.** Jakarta. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Hariyadi S, Suryadiputra I. N. N dan Widigdo, B, 1992. **Limnologi Penentuan Praktikum dan Metode Analisa Kualitas Air.** Fakultas Perikanan. Institute Pertanian Bogor. Bogor.
- Hariyati, R, 2008. **Pertumbuhan dan Biomassa *Spirulina sp.* dalam Skala Laboratoris.** Laboratorium Ekologis dan Biosistematik Jurusan Biologi, FMIPA Undip, Semarang.
- Hasibuan, S. W. 2009. **Perbandingan Laju Pertumbuhan Populasi (*B.plicatilis*.) Setelah Diberikan Penambahan Makanan Pada Media Perlakuan.** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Hasnawati, 2014. **Pengelolaan Kualitas Air Semester III.** Bahan Ajar Sekolah Usaha Perikanan Menengah (SUPM) Pontianak.
- Hermanto. B M., Sumardi., Hawa C. L., dan Fiqtinovri. 2011. **Perancangan Bioreaktor Untuk Pembudidayaan Mikroalga.** Jurnal Teknologi Pertanian Vol. 12 No.3.(Desember 2011) 153-162.
- Hu, H. dan. Gao. K. 2006. **Response of growth and fatty acid compositions of *Nannochloropsis sp.* to environmental factors under elevated CO<sub>2</sub> concentration.** Biotechnol Lett. 28:987–992.

- Isnansetyo, A dan Kurniastuty, 1995. **Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton. Pakan Alami untuk Pembenihan Organisme Laut.** Kanisius. Yogyakarta.
- Jutono, 1987. Prosiding **Seminar Alternatif Pelaksanaan Program Pengapuran Tanah-tanah Mineral Masam Di Indonesia.** Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 159 h.
- Kastono D., Hermien S. dan Siswandono. 2005. **Pengaruh Nomor Ruas Setek Dan Dosis Pupuk Urea Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Kumis Kucing.** Jurnal Ilmu Pertanian Vol. 12 No. 1: 65-64.
- Katili S. A, 2009. **Struktur dan Fungsi Protein Kolagen.** Jurnal Pelangi Ilmu, Vol. 2, No. 5.
- Khoo HH, Sharratt PN, Das P, Balasubramanian RK, Narahariseti PK, Shaik S. 2011. **Life cycle energy and CO<sub>2</sub> analysis of microalgae to biodiesel: Preliminary results and comparisons.** Bioresource Tech. 102:5800-5807.
- Khotimah K., Darius dan Sasmito B. B. 2013. **Uji Aktivitas Senyawa Aktif Alga Coklat (*Sargassum fillipendulla*.) Sebagai Antioksidan Pada Minyak Ikan Lemuru (*Sardinella longiceps*.).** THPI Student Journal Vol. 1 No.1 pp 10-20 Universitas Brawijaya.
- Kimball, W. John. 1998. **Biologi I.** Jakarta : Erlangga.
- Kordi K. H., Gufron M dan Tancung Andi Baso, 2007. **Pengelolaan Kualitas Air Dalam Budidaya Perairan.** Rineka. Jakarta.
- Kusdarwati R., Bustaman H. Reista., dan Arief. M. 2011. **Pengaruh Perbedaan Warna Cahaya Terhadap Pertumbuhan Kultur *Spirulina* sp.** Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan Vol. 3 No. 2. FPIK Universitas Airlangga Surabaya.
- Kushartono W Edi., Suryono dan MR S Endah. 2009. **Aplikasi Perbedahan Komposisi N,P, dan K Pada Budidaya *Eucheuma cottonii*.** di Perairan Teluk Awur, Jepara. FPIK Universitas Diponegoro. Jurnal Ilmu Kelautan Vol. 14 (3): 164:169.
- Kusumawardani A. 2013. **Optimasi Proses Ekstraksi Lipid Dari Mikroalga *Nannochloropsis* sp. Dengan Metode Perkolasi.** Fakultas Teknik, Program Studi Ekstensi Teknik Kimia, Universitas Indonesia.
- Lambers H, FS Chapin, and TL Pon. 2008. **Plant Physiological Ecology.** Springer.
- Makmur., Rachmansyah dan Fahrur Mat, 2011. **Hubungan Antara Kualitas Air Dan Plankton Di Tambak Kabupaten Tanjung Jabung Barat Provinsi Jambi.** Balai Riset Perikanan Air Payau, Sulawesi Selatan.

- Maniagasi. R., Tumembouw. S. S dan Mudeng Y, 2013. **Analisis Kualitas Fisika Kimia Air di Areal Budidaya Ikan Danau Tondano Provinsi Sulawesi Utara**. Jurnal Budidaya Perairan Mei 2013, Vol. 1, No. 2:29-37.
- Martosudarmo, B dan S. Sabarudin. 1979. **Makanan Larva Udang**. Balai Budidaya Air Payau. Jepara.
- Mayang S, 2010. **Identifikasi Protein Menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR)**. FT, Universitas Indonesia, Depok.
- Moody, P.W. and M.D.A. Bolland. 2002. **Soil Analyzer. Plant Physiology**. 49: 207-211.
- Mulyadi. 1994. **Pupuk dan Cara Pemupukan**. Jakarta : Rineka Cipta.
- Munawar A, 2013. **Degradasi Nitrat Limbah Domestik Dengan Alga Hijau (*Chlorella sp.*)**. Staf Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan FTSP - UPN "Veteran" Jawa Timur Surabaya.
- Norbawa P., Ervia. Y dan Widianingsih. 2013. **Pengaruh Perbedaan Periode Aerasi Karbondioksida Terhadap Laju Pertumbuhan dan Kadar Total Lipid Pada Kultur *Nannochloropsis oculata***. Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan, FPIK Universitas Diponegoro ,Semarang.
- Nurani. R. Faricha., Masithah. D. Endang dan Mubarak. S. A. 2012. **Pengaruh Konsentrasi Pupuk *Azolla piñata*. Terhadap Pertumbuhan Populasi *Spirulina plantensis***. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Ilmu Kelautan, FPIK Universitas Airlangga, Surabaya.
- Nybakken, J. W. 1988. **Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologi**. Alih bahasa oleh M. Eidman, Koesoebiono, D. G. Bengen, M. Hutomo dan S. Sukarjo. Gramedia Jakarta. 459 hal.
- Pamukas E. 2005. **Pengolahan Limbah Cair PT. Pupuk Kujang dengan *Spirulina* pada reactor curah (*Batch*)**. Bogor : Program Studi Teknologi Hasil Perairan, FPIK, Institut Pertanian Bogor.
- Poernomo. 1992. **Pemilihan Lokasi Tambak Udang Berwawasan Lingkungan**, Seri Pengembangan Hasil Penelitian No. PHP/Kan/Patek/004/1992/ 40 hlm.
- Poerwowidodo, 1996. **Telaah Kesuburan Tanah**. Yogyakarta : UGM Press.
- Prasetyo Budi dan Kusumaningrum N. E., 2014. **Mikroalga dan Kondisi Fisik Kimiawi Situ Babakan, Jagakarsa Jakarta Selatan**. FMIPA, Universitas Terbuka.
- Prasetyo B. 2010. **Penentuan Jenis *Spirulina sp.* Di situ Babakan, Jagakarsa, Jakarta Selatan**. FMIPA. Universitas Terbuka. Tangerang.

- Prescod. D. W. 1979. **How to Know The Freshwater Algae**. Iowa: M. W. C. Brown Company Publisher.
- Ray, T. 1999. **Essential Plant Nutrients: Their Presence in North Carolina Soils and Role in Plant Nutritions**. The California Fertilizer Foundation, California.
- Richmond, A. 1986. **CRC Handbook Microalgal Mass Culture**. CRC Press, Inc. Florida. p. 199-244.
- Resmawati. B. M., Christiana. F. R., Saraswati. R., Wulaningrum. W dan H. R. Illa. 2010. **Pengaruh Penambahan Pupuk Enceng Gondok (*eichonia Crassipes*.) Dengan Dosis Berbeda Pada Kultur *Nannochloropsis oculata***. Program Kreativitas Mahasiswa (PKM). Universitas Airlangga, Surabaya.
- Retnosari, A. E. P., 1998, **Dekonsentrasi Amonium dan Nitrat oleh *Duckweed***, Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Ruyitno., Pramudji., Supangat. I dan Sunarto. 2003. **Kadar Oksigen Di Perairan Raha Pulau Muna, Sulawesi Tenggara**. Pusat penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Saleh, A.M, P.K. Singh and Dolly Wattal Dhar. 2008. **Comparative  $\beta$ -caroten content of *Spirulina strains* at different days of incubation**. The Andhra Agric.2008, J 55(1): 61-62 .
- Samekto, Riyo. 2008. **Pemupukan**. Yogyakarta : Pt. Aji Cipta Pratama.
- Ali. K. Shabana dan Saleh. M. Arabi. 2012. ***Spirulina-An Overview***. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. Vol 4. Issue 3, 2012.
- S. Wirosaputro, 1998. **Chorella: Makanan Kesehatan Global Buku I**, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 1988.
- Silalahi. J, 2010. **Analisis Kualitas Air dan Hubungannya Dengan Keanekaragaman Vegetasi Akuatik Di Perairan Balige Danau Toba**. Tesis. Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Simanjuntak M. 2007. **Oksigen Terlarut dan *Apparent Oxygen Utilization* di Perairan Teluk Klabat, Pulau Bangka**. Jurnal Ilmu Kelautan. Vol. 12 (2) : 59-66.
- Simanjutak. Marojahan, 2012. **Kualitas Air Laut Ditinjau Dari Aspek Zat Hara, Oksigen Terlarut Dan pH Di Perairan Banggai, Sulawesi Tengah**. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 4, No. 2, Hlm. 290-303, Desember, 2012.
- Sobirin., Agus M., R. Basuki, 2014. **Pengaruh Perbedaan Dosis Pupuk Phosfat Terhadap Pertumbuhan Phytoplankton**. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Unikal.

- Sri W., Timoteus N dan S.Y.C. W. Yetti. 2011. **Reproduksi Dan Pertumbuhan Mikroorganisme**. Biologi Pascasarjana Universitas Palangkaraya.
- Standar Nasional Indonesia (SNI), 2005. **Pupuk SP 36**. Badan Standardisasi Nasional.
- Suantika, G dan Herdrawawandi D. 2009. **Efektivitas Teknik Kultur menggunakan Sistem Kultur Statis, Semi-kontinyu, dan Kontinyu terhadap Produktivitas dan Kualitas Kultur *Spirulina* sp.** Jurnal Matematika dan Sains, Vol. 14, No. 2.
- Sukarni., Sudjito., N. Hamidi dan U. Yanuhar. 2014. **Nilai Kalor Dan Dekomposisi Pembakaran Mikroalga *Nannochloropsis oculata*. Sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan**. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Sumardianto. 1995. **Struktur Komunitas Fitoplankton di Perairan Teluk Pelabuhan Ratu**. Fakultas Perikanan. IPB.
- Sumaryono dan Suryono, 2000. **Pengaruh Dosis Pupuk Dolomit dan SP 36 Terhadap Jumlah Bintil Akar dan Hasil Tanaman Kacang Tanah di Tanah Latosol**. Jurnal Agrosains Volume 2 No. 2, 2000.
- Suriawiria U. 2005. **Mikrobiologi Air Dan Dasar-dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis**. PT. Alumni, Bandung.
- Tejoyuwono N., Soeprapto S., dan Endang S. 2006. **Pengelolaan Kesuburan Tanah Dan Peningkatan Efisiensi Pemupukan**. Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada.
- Tim Penyusun Rancangan Percobaan. 2014. **Buku Praktikum Perancangan Percobaan**. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- Tietze, H. W. 2004. **Spirulina micro food macro blessing**. 4ed.Australia.
- Widianingsih., Ridho. A., Hartati. R dan Harmoko. 2008. **Kandungan Nutrisi *Spirulina platensis*. yang Dikultur Pada Media yang Berbeda**. Jurnal Ilmu Kelautan. Vol. 13 (3) : 167-170. Jurusan Ilmu Kelautan, FPIK Universitas Diponegoro, Semarang.
- Wijaya. S. A. 2006. **Pengaruh Pemberian Konsentrasi Urea yang Berbeda Terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis oculata***. Skripsi. Program Studi Budidaya Perairan. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya. 2-3 hal.
- Wijoseno T, 2011. **Uji Pengaruh Variasi Media Kultur Terhadap Tingkat Pertumbuhan Dan Kandungan Protein, Lipid, Klorofil, Dan Karetinoid Pada Mikroalga *Chorella vulgaris*. Buitenzorg**. FT, Universitas Indonesia, Depok.
- Winarso, S. 2005. **Kesuburan Tanah: Dasar kesehatan dan kualitas tanah**. Yogyakarta: Penerbit Gaya Media.

Windarti., Tetty W dan Najib. M 2011. **Analisis Kecenderungan Kebutuhan Pupuk Urea Dan SP 36 Di Kabupaten Kutai Kartanegara**. Jurusan Agribisnis Universitas Mulawarman.

Yunandar. E. M. 2003. **Aplikasi Analisis Rancangan Acak Lengkap Dalam Pengelohan Data Hasil Penelitian Percobaan Pakan Ternak Pada Kambing Induk**. Balai Penelitian Ternak, Bogor.

Zulnaidi. 2007. **Metode Penelitian**. Departemen Sastra Jepang. Fakultas Sastra. Universitas Sumatera Utara. Medan.



## LAMPIRAN

## Lampiran 1. Perhitungan Dosis Pupuk

## ➤ Kombinasi Dosis Pupuk Urea dan Pupuk SP 36

Dosis Pupuk Urea (N = 46%)

$$\begin{aligned} \bullet \quad 80 \text{ ppm} &= \frac{100}{46} \times 80 = 2,17 \times 80 = 173,6 \\ &= \frac{173,6}{1000} \text{ gram/L} \times 5 \\ &= 0,868 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad 100 \text{ ppm} &= \frac{100}{46} \times 100 = 2,17 \times 100 = 217 \\ &= \frac{217}{1000} \text{ gram/L} \times 5 \\ &= 0,217 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad 120 \text{ ppm} &= \frac{100}{46} \times 120 = 2,17 \times 120 = 260,4 \\ &= \frac{260,4}{1000} \text{ gram/L} \times 5 \\ &= 1,302 \text{ gram} \end{aligned}$$

Dosis Pupuk SP 36 (N=36%)

$$\begin{aligned} \bullet \quad 20 \text{ ppm} &= \frac{100}{36} \times 20 = 2,77 \times 20 = 55,4 \\ &= \frac{55,4}{1000} \text{ gram/L} \times 5 \\ &= 0,277 \text{ gram} \end{aligned}$$

Lampiran 2. Perhitungan Stok Bibit *Spirulina* sp.

$$- \quad V1 = \frac{N2 \times V2}{N1} = 6 \times 10^4 \times 5000 \text{ ml} / 6 \times 10^5 = \frac{5000}{10} = 500 \text{ ml}$$

**Lampiran 3. Perhitungan Kelimpahan sel Spirulina dengan menggunakan RAL Sederhana.**

Ulangan	P1	P2	P3	Total
1	3,460,000.000	5,000,000.000	5,650,000.000	14,110,000.000
2	3,520,000.000	5,030,000.000	5,680,000.000	14,230,000.000
3	4,430,000.000	5,050,000.000	5,610,000.000	15,090,000.000
Total	11,410,000.000	15,080,000.000	16,940,000.000	43,430,000.000
Rata-rata	3,803,333.333	5,026,666.667	5,646,666.667	

$$FK \text{ (Faktor Koreksi)} = \frac{Y_2}{ab} = \frac{43,430,000.000}{3 \times 3}$$

$$= \frac{1,886,164,900,000.000}{9} = 209,573,877,777,778.000$$

$$JKT = \sum_{i=1} \sum_{j=1} \sum_{k=1} Y_{ijk} - (FK)$$

$$= 215,447,300,000,000.000 - 209,573,877,777,778.000$$

$$= 235,970,298,809,524 = 5,873,422,222,222,220$$

$$JKP = \frac{644,558,100,000,000.000}{3} - FK = 5,278,822,222,222,220$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 5,873,422,222,222,220 - 5,278,822,222,222,220$$

$$= 594,600,000,000.000$$

**Lampiran 4. Tabel Analisa Sidik Ragam Kelimpahan Sel *Spirulina* sp.**

SK	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	5,278,822,222,222.220	2,639,411,111,111.110	26.634**	5.143	10.925
Galat	6	594,600,000,000.000	99,100,000,000.000			
Total	8	5,873,422,222,222.220				

Perbandingan perlakuan dalam membandingkan kelimpahan dihitung dengan menggunakan One Way Anova, dimana pada perlakuan, didapatkan F hitung (26.634) yang lebih besar (>) dari F tabel 1% (10.925) maka dapat

disimpulkan bahwa perlakuan yang diberikan mampu memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan sel mikroalga *Spirulina* sp. maka dapat dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

**Lampiran 5. Perhitungan Beda Nyata Terkecil (BNT)**

**a. Perlakuan**

$$SED = \sqrt{\frac{2 \times KTG}{r}} = \sqrt{\frac{2 \times 99,100,000,000.000}{3}} = 4,671,188,01 \times 10^{10}$$

$$BNT 1 \% = t 1 \% \times SED = 3.707 \times 4,671,188,01 \times 10^{10} = 738,141.38$$

**BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk mengetahui pengaruh perlakuan dengan dosis berbeda terhadap Kelimpahan sel mikroalga *Spirulina* sp.**

		P1	P2	P3	Notasi
		3,803,333.33	5,026,666.67	5,646,666.67	
P1	3,803,333.33	-	1,223,333.33	1,843,333.33	a
P2	5,026,666.67	1,223,333.33	-	620,000.00	b
P3	5,646,666.67	1,843,333.33	620,000.00	-	b

Dari tabel di atas diketahui bahwa perlakuan P1 (pupuk urea 80 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) berbeda nyata atau signifikan artinya, sedangkan pada perlakuan P2 (pupuk urea 100 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) dan perlakuan P3 (pupuk urea 120 mg/l dan pupuk SP 36, 20 mg/l) tidak memiliki perbedaan kelimpahan yang signifikan satu sama lain. Hal ini dapat dilihat dari notasi masing-masing perlakuan yang sama.

Lampiran 6. Data Kandungan Protein *Spirulina* sp.



**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 : Rosalia Waromi**  
**TO FPIK UB**  
**MALANG**

**LAPORAN HASIL UJI**  
**REPORT OF ANALYSIS**

Nomor / Number : 0298/THP/LAB/2015  
 Nomor Analisis / Analysis Number : 0298  
 Tanggal penerbitan / Date of issue : 04 Mei 2015  
 Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan, bahwa hasil pengujian  
*The undersigned ratifies that examination*  
 Dari contoh / of the sample (s) of : Mikroalga Spirulina  
 Untuk analisis / For analysis :  
 Keterangan contoh / Description of sample :  
 Diambil dari / Taken from :  
 Oleh / By :  
 Tanggal penerimaan contoh / Received : 30 Maret 2015  
 Tanggal pelaksanaan analisis / Date of analysis : 30 Maret 2015  
 Hasil adalah sebagai berikut / Resulted as follows :

Kode	Protein (%)
A1	1,07
A2	1,10
A3	1,08
B1	1,63
B2	1,59
B3	1,63
C1	1,65
C2	1,66
C3	1,62

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



**Ketua Jurusan THP,**  
**Agustin K. Wardani, STP., M.Si., PhD**  
 NIP. 19690807 199702 2 001

**Lampiran 7. Data Hasil Pengukuran Suhu (°C)**

Hari Ke-	P1 (°C)	P2 (°C)	P3 (°C)
1	27.1	28.0	27.7
	28.1	29.0	29.5
	28.4	28.8	28.8
2	27.7	27.9	27.7
	27.0	27.4	27.5
	27.3	27.1	28.1
3	25.0	25.4	26.2
	25.7	26.1	26.2
	26.7	26.0	26.4
4	25.5	26.7	27.1
	25.4	26.2	27.5
	25.6	25.8	26.1
5	28.3	29.1	30.0
	29.5	31.5	31.8
	28.2	28.4	29.2
6	32.6	30.8	30.2
	30.6	31.7	31.4
	32.7	31.5	32.0

**Lampiran 8.** Data Hasil Pengukuran Derajat Keasaman (pH)

Hari Ke-	P1	P2	P3
1	7.4	7.7	7.5
	7.5	7.1	7.6
	7.8	7.4	8.8
2	8.2	8.4	8.8
	8.6	8.6	8.4
	8.5	8.4	8.6
3	8.2	8.6	8.7
	7.0	7.3	7.5
	7.5	7.3	7.4
4	7.8	7.6	7.5
	8.6	8.3	8.5
	8.4	8.6	8.8
5	8.9	8.5	8.5
	8.6	8.3	8.5
	8.4	8.7	8.8
6	9.6	9.8	9.8
	9.7	9.8	9.4
	9.7	9.9	9.8

**Lampiran 9.** Data Hasil Pengukuran Oksigen Terlarut (mg/l)

Hari Ke-	P1 (mg/l)	P2 (mg/l)	P3 (mg/l)
1	8.50	8.63	8.66
	8.30	8.30	8.32
	8.29	8.31	8.37
2	7.19	7.22	7.30
	7.21	7.30	7.29
	7.29	7.25	7.31
3	7.67	8.57	7.70
	7.58	7.55	7.59
	7.39	7.40	7.47
4	7.35	7.49	7.52
	7.43	7.38	7.41
	7.67	7.78	7.70
5	8.14	8.29	8.33
	8.17	8.23	8.25
	8.62	8.56	8.89
6	6.27	6.52	6.67
	6.35	6.46	6.48
	6.38	6.47	6.50

**Lampiran 10.** Data Hasil Pengukuran Salinitas (‰)

Hari Ke-	P1 (‰)	P2 (‰)	P3 (‰)
1	34.0	30.0	28.0
	34.5	30.5	28.0
	34.5	30.0	28.0
2	30.0	31.5	28.0
	31.0	31.0	30.0
	31.0	31.0	30.0
3	30.5	30.5	30.0
	31.0	32.5	29.0
	31.5	30.5	28.0
4	31.0	30.5	27.0
	31.5	30.0	29.0
	30.0	30.5	29.5
5	32.0	30.0	32.5
	31.5	32.0	32.5
	30.0	33.0	32.5
6	30.0	30.0	29.0
	31.5	30.0	32.0
	30.0	30.5	33.5

**Lampiran 11.** Data Hasil Pengukuran Karbondioksida (mg/l)

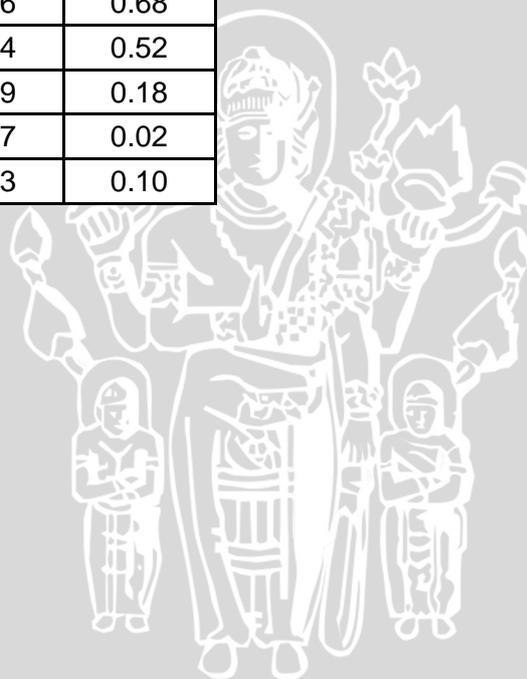
	P1 (mg/l)	P2 (mg/l)	P3 (mg/l)
Hari 1	19.98	23.97	15.98
	11.99	15.98	11.96
	19.98	15.98	23.97
Hari 6	27.97	23.97	15.98
	15.98	27.97	11.99
	19.98	11.99	11.99

**Lampiran 12. Data Hasil Pengukuran Nitrat (mg/l)**

	P1 (mg/l)	P2 (mg/l)	P3 (mg/l)
Hari 1	0.50	0.61	0.79
	0.45	0.57	0.74
Hari 6	0.47	0.54	0.82
	0.21	0.31	0.21
	0.14	0.20	0.19
	0.19	0.21	0.26

**Lampiran 13. Data Hasil Pengukuran Orthofosfat (mg/l)**

	P1 (mg/l)	P2 (mg/l)	P3 (mg/l)
Hari 1	0.59	0.63	0.43
	0.04	0.06	0.68
	0.46	0.34	0.52
Hari 6	0.29	0.39	0.18
	0.53	0.07	0.02
	0.37	0.23	0.10



### Lampiran 14. Gambar Pengamatan Selama Penelitian



1. Pupuk SP 36



2. Pupuk Urea



3. Sterilisasi Toples 10 liter



4. Penyaringan Air Laut



5. Bibit *Spirulina* sp.



6. Persiapan Awal Media Kultur Spirulina



7. Memasukkan Bibit Spirulina kedalam toples 10 liter



8. Penyaringan Air Sampel



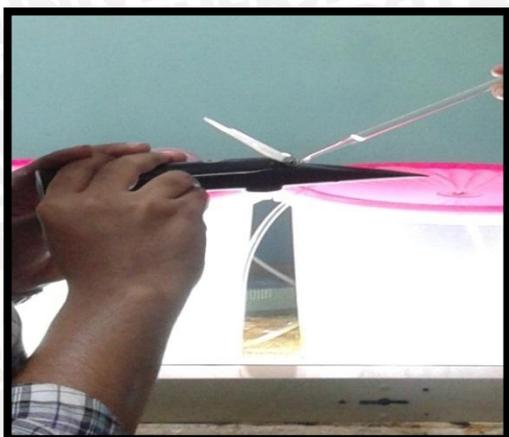
9. Air Sampel *Spirulina* sp.



10. Pengukuran pH



11. Pengukuran DO dan Suhu



12. Pengukuran Salinitas



13. Pengukuran CO<sub>2</sub>



14. Pengukuran Nitrat



15. Pengukuran Orthofosfat



16. Pengamatan Kepadatan Sel *Spirulina* sp.



17. Panen *Spirulina* sp.