

**PENGARUH KADAR PUPUK NITROGEN (N_Urea) TERHADAP
KANDUNGAN PROTEIN DAN LEMAK PADA *Chlorella* sp**

**LAPORAN SKRIPSI
MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Oleh :
HANIM MAF' ULAH
NIM : 0410810030-81



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2008

PENGARUH KADAR PUPUK NITROGEN (N_Urea) TERHADAP KANDUNGAN PROTEIN DAN LEMAK PADA *Chlorella* sp

Laporan Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Perikanan pada Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang

Oleh:

HANIM MAF 'ULAH

0410810030-81

Dosen Pengaji I

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

DR. Ir. ENDANG YULI H., MS

Tanggal :

DR. Ir. DIANA ARFIATI, MS

Tanggal :

Dosen Pengaji II

Dosen Pembimbing II

ASUS MAIZAR S. H., SPi, MP

Tanggal :

Prof.Ir. YENNI RISJANI, DEA,PhD

Tanggal :

Mengetahui,
Ketua Jurusan

Ir. MAHENo SRI WIDODO, MS

Tanggal :

RINGKASAN

HANIM MAF 'ULAH. Skripsi tentang Pengaruh Kadar Pupuk Nitrogen (N_Urea) Terhadap Kandungan Protein Dan Lemak Pada *Chlorella* sp. (dibawah bimbingan **DR. Ir. Diana Arfiati, MS dan Ir. Yenny Risjani, DEA,PhD**).

Chlorella sp memiliki komponen sel yang dapat dimanfaatkan oleh tubuh manusia. Untuk bidang kesehatan *Chlorella* sp mempunyai komponen kesehatan yang dapat mencegah beberapa penyakit, seperti : diabetes mellitus, hipertensi, gangguan pencernaan, anemia, melindungi kerusakan ginjal akibat toksik dan lain-lain (Wahyudi, 1999). *Chlorella* sp mengandung kadar protein atau kadar lemak dalam persentase tertentu bila dipelihara dalam medium dengan kadar nitrogen yang berbeda. Unsur nitrogen berfungsi untuk membentuk protein, lemak dan klorofil. Variasi dari konsentrasi kadar nitrogen, akan mempengaruhi kelimpahan populasi *Chlorella* sp dan kadar protein serta lemak yang dihasilkan. Hal tersebut perlu diketahui, untuk mendapatkan suatu sel *Chlorella* sp yang dapat menghasilkan kadar protein maupun kadar lemak yang sesuai dengan keinginan. Sehingga kadar protein atau kadar lemak yang dihasilkan dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk kepentingan manusia seperti sebagai suplemen bagi tubuh. Dalam penelitian ini digunakan unsur nitrogen dari pupuk urea (45%) yang banyak beredar dipasaran.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk nitrogen dengan konsentrasi yang berbeda terhadap kelimpahan populasi *Chlorella* sp dan kadar protein serta lemak yang dihasilkan oleh *Chlorella* sp tersebut. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium IIP dan Workshop Fakultas Perikanan dan Laboratorium Teknologi Hasil Pangan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang pada bulan Juli-Agustus 2008.

Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan rancangan penelitian RAL (Rancangan Acak Lengkap). Pupuk sebagai perlakuan adalah variasi kadar pupuk N_urea yang terdiri dari 4 perlakuan yaitu A (0,4ppm), B (0,6ppm), C (0,8ppm) dan D (1,0ppm), serta menganalisa parameter penunjang yaitu nitrat, suhu, pH, salinitas dan DO pada medium kultur *Chlorella* sp.

Hasil analisa menunjukkan bahwa variasi kadar pupuk N_urea memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan populasi *Chlorella* sp, kadar protein serta lemak yang dihasilkan. Perlakuan D menghasilkan kelimpahan populasi yang tertinggi apabila dibandingkan dengan perlakuan-perlakuan lainnya. Perlakuan D menghasilkan kelimpahan *Chlorella* sp sebesar $2290,33 \times 10^4$ sel/ml pada hari ke-7.

Kadar protein dan lemak rata-rata berbeda pada masing-masing perlakuan variasi kadar N_urea. Semakin tinggi kadar N_urea maka kadar protein yang dihasilkan makin tinggi, sedangkan kadar lemak menurun dan sebaliknya. Unsur nitrogen merupakan salah satu makronutrien yang sangat mempengaruhi biomassa *Chlorella* sp dan merupakan komponen utama bagi pembentuk protein dan asam amino.

Nitrogen yang berasal dari urea digunakan *Chlorella* sp dalam sintesis protein yang dipakai untuk proses reproduksi apabila kekurangan kadar nitrogen. Pada kondisi kekurangan nitrogen, sel-sel *Chlorella* sp akan mengalihkan produk fotosintesis menjadi senyawa-senyawa yang tidak mengandung nitrogen seperti karbohidrat dan lemak.

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perlakuan variasi kadar nitrogen memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kadar protein dan kadar lemak. Kadar nitrogen yang ditambahkan, secara linier berpengaruh pada kadar protein yang dihasilkan oleh *Chlorella* sp dengan persamaan $Y = 87,965 + 3,202X$, R^2 sebesar 0,9695 yang berarti semakin tinggi kadar nitrogen maka semakin tinggi pula kadar protein yang dihasilkan *Chlorella* sp sedangkan hubungan penambahan pupuk nitrogen dengan kadar lemak yang dihasilkan *Chlorella* sp berpola linier dengan persamaan yaitu $Y = 15,70333 - 1,06267X$, dengan nilai R^2 sebesar 0,932571 yang berarti semakin tinggi kadar nitrogen maka kadar lemak yang dihasilkan *Chlorella* sp semakin rendah.

Selama penelitian kualitas air relatif stabil antara lain pH (8,6-9,18), suhu (berkisar antara 27–28,5 °C), salinitas (berkisar antara 25–27ppt) dan oksigen terlarut (berkisar antara 4,3-7,4mg/l), dengan kandungan nitrat (berkisar antara 0,88–2,48 ppm). Penambahan pupuk nitrogen akan meningkatkan kadar protein tetapi menurunkan kadar lemak. Saran dari penelitian ini yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memanfaatkan sumber protein dan lemak dari *Chlorella* sp tersebut untuk kepentingan manusia seperti sebagai suplemen bagi tubuh.



KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Assalaamu' alaikum wr. Wb.

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. Atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga terselesainya penulisan laporan skripsi ini. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana perikanan di Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.

Dengan terselesainya laporan skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- Ibu DR. Ir. DIANA ARFIATI, MS dan Ibu Ir. YENNY RISJANI, DEA,PhD selaku dosen pembimbing atas saran dan masukkan-masukannya.
- Ibu DR. Ir. Endang Yuli H., MS dan Bapak Asuz Maizar S. H., Spi, MP selaku dosen penguji atas saran dan masukkan-masukannya.
- Bapak Ibu Chu yang telah membaiayai hingga akhir kuliah serta do'a & dorongannya. K2 MasChu (**Arif&Alim**) yang selalu memberikan semangat biar cepat lulus. K2 Ade'Chu (**hanum&abi**) yang selalu resek & gak pernah akur, sinau ya dhek. SomeOneChu (**Chupi**) yang selalu memberikan semangat & sarannya.
- Temen2 '03'04'05'07 semua jurusan, khususnya MSP'04 yang telah selesai ujian sedangkan yang belum terus berjuang, berjuang bukan hanya taon'45 sesulit dan semudah apapun hari ini/esok kau pasti akan melaluinya. Temen2 kost semua "SS gang1No.15". Semua pihak yang tidak dapat disebutkan semuanya yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung hingga selesainya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun akan diterima dengan senang hati. Semoga laporan ini bermanfaat dan dapat memberikan informasi bagi semua pihak yang membutuhkan.

Malang, 29 Agustus 2008

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	Halaman
RINGKASAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Kegunaan Penelitian.....	3
1.5 Hipotesa.....	4
1.6 Tempat Dan Waktu.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Chlorella</i> sp.....	5
2.1.1 Morfologi Dan Klasifikasi.....	5
2.1.2 Sifat Ekologi Dan Fisiologi <i>Chlorella</i> sp.....	7
2.1.3 Reproduksi Sel <i>Chlorella</i> sp.....	7
2.1.4 Pertumbuhan.....	8
2.2 Peranan Unsur Hara Bagi Fitoplankton.....	10
2.3 Unsur Nitrogen (N)	11
2.3 Unsur Phosphor (P)	12
2.5 Kandungan Gizi <i>Chlorella</i> sp.....	13
2.6 Pemupukan.....	17
2.7 Aerasi.....	17
2.8 Fotosintesis.....	18
2.9 Kualitas Air.....	19
2.9.1 Cahaya.....	19
2.9.2 Derajat Keasaman (pH), Oksigen (O ₂) Dan Karbondioksida (CO ₂).....	19
2.9.3 Suhu.....	20
2.9.4 Salinitas.....	21
2.10 Teknik Kultur <i>Chlorella</i> sp.....	22
3. MATERI DAN METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Materi Penelitian.....	26
3.2 Metode Penelitian.....	26
3.3 Rancangan Penelitian.....	26
3.4. Prosedur Penelitian.....	28
3.4.1 Masa Persiapan.....	28
3.4.2 Pelaksanaan Penelitian (Kultur <i>Chlorella</i> sp).....	30

3.5 Analisa Parameter.....	31
3.5.1 Analisa Kelimpahan <i>Chlorella</i> sp pada Media Kultur.....	31
3.5.2 Analisa Parameter Uji Kandungan Protein Dan Lemak.....	31
3.5.3 Analisa Parameter Penunjang.....	31
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Kelimpahan <i>Chlorella</i> sp pada Media Kultur.....	34
4.2 Kadar Protein Pada <i>Chlorella</i> sp.....	37
4.3 Kadar Lemak Pada <i>Chlorella</i> sp.....	40
4.4 Pengaruh Kadar Pupuk N Terhadap Kandungan Nitrat.....	42
4.5 Parameter Pendukung Pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp.....	45
4.5.1 Suhu.....	46
4.5.2 pH.....	47
4.5.3 Salinitas.....	48
4.6.4 Oksigen Terlarut.....	49
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	50

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR TABEL**TABEL**

	Halaman
1. Hasil Penelitian Pertumbuhan Mikroalga.....	24
2. Perlakuan Kadar Urea.....	29
3. Larutan Standart Pembanding Nitrat_Nitrogen.....	32
4. Daftar Analisa Keragaman Kelimpahan Chlorella sp Pada Media Kultur.....	32
5. Daftar Analisa Keragaman Kadar Protein Pada <i>Chlorella</i> sp.....	34
6. Daftar Analisa Keragaman Kadar Lemak Pada <i>Chlorella</i> sp.....	36
7. Daftar Analisa Keragaman Nitrat Pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp.....	38
8. Suhu Pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp.....	39
9. pH Pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp.....	40
10. Salinitas Pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp.....	41
11. DO Pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp.....	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Chlorella</i> sp.....	6
2. Pola pertumbuhan Mikroalga.....	8
3. Rencana Denah Percobaan.....	33
4. Grafik Kelimpahan <i>Chlorella</i> sp (sel/ml) Terhadap Perlakuan Pada Hari Ke-....	33
5. Grafik Kelimpahan <i>Chlorella</i> sp (sel/ml) Terhadap Perlakuan	33
6. Grafik Kadar Protein Pada <i>Chlorella</i> sp.....	35
7. Grafik Kadar Lemak Pada <i>Chlorella</i> sp.....	37
8. Grafik Kandungan Nitrat Pada Media <i>Chlorella</i> sp.....	39



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
12. Komposisi Asam Amino Pada <i>Chlorella</i> sp.....	48
13. Kadar Protein Dan Lemak Pada <i>Chlorella</i> sp.....	50
14. Data Kelimpahan <i>Chlorella</i> sp Pada Media Kultur.....	50
15. Kadar Protein Pada <i>Chlorella</i> sp.....	52
16. Kadar Lemak Pada <i>Chlorella</i> sp.....	54
17. Kandungan Nitrat Pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp.....	57
18. Data Suhu Pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp.....	61
19. Data pH Pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp.....	62
20. Data Salinitas Pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp.....	63
21. Data DO Pada Media Kultur <i>Chlorella</i> sp.....	64
22. Proses Metabolisme (Sintesa Protein Dan Lemak).....	65



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Chlorella sp, *Botryococcus braunii* dan *Dunaliella salina* mempunyai komposisi biokimia sebagai berikut : 30-50% protein, 20-40% karbohidrat dan 8-15% lemak jika ditumbuhkan pada kondisi lingkungan yang sesuai. Akan tetapi, jika tumbuh pada lingkungan yang tidak menguntungkan akan diperoleh 80% asam lemak, 80% hidrokarbon dan 40% gliserol berdasarkan berat kering. Faktor lingkungan, khususnya cahaya, suhu, status gizi dan salinitas, bukan hanya mempengaruhi fotosintesis dan produktivitas biomassa sel, tetapi juga mempengaruhi aktivitas metabolisme dan komposisi sel (Richmond, 2004).

Bila dibandingkan dengan tumbuhan tingkat tinggi sebagai sumber makanan, maka *Chlorella* sp mempunyai beberapa keunggulan, antara lain : hampir semua selnya dapat dimanfaatkan (dimakan) dan hanya sebagian kecil saja yang merupakan struktur yang tidak dapat dicerna. Tiap sel *Chlorella* kering mempunyai kandungan protein lebih besar dari 50% dan efisiensi fotosintesis dari satu gram *Chlorella* lebih besar dari pada satu gram daun tumbuhan tingkat tinggi (Sachlan, 1980).

Kandungan protein sel alga berkisar antara 40-60%, merupakan nilai yang cukup tinggi dibanding dengan protein yang dikandung oleh jenis mikroorganisme lainnya. Selain itu sel-sel alga juga mengandung lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral sehingga sangat baik bila digunakan sebagai suplemen protein pada bahan pangan (Wahyudi, 1999).

Melalui penelitian-penelitian yang telah dilakukan, ternyata protein sel tunggal dari *Nannochloropsis* sp atau yang lebih dikenal dengan nama *Chlorella* sp bermanfaat

untuk memelihara kebugaran, membantu menurunkan berat badan, menurunkan kolesterol serta membantu mengatasi beberapa penyakit, seperti : diabetes mellitus, hipertensi, gangguan pencernaan, anemia, melindungi kerusakan ginjal akibat toksik dan lain-lain (Wahyudi, 1999).

Chlorella sp sebagaimana organisme hidup lainnya juga memerlukan nutrient untuk kelangsungan hidupnya. Di lingkungan alami dalam perairan, nutrien yang diperlukan tersedia dengan cukup melimpah dari hasil dekomposisi bahan-bahan kimia. Tetapi untuk kultur Chlorella diperlukan penambahan nutrien karena media relatif steril.

Kebutuhan nutrien pada setiap alga tidaklah sama tergantung pada komposisi kimia yang diperlukan oleh jenis alga yang dikultur. Berkaitan dengan hal itu, banyak ahli sepakat bahwa unsur N dan P merupakan dua unsur yang mutlak harus tersedia dalam media kultur alga (Wahyudi, 1999). Nitrogen merupakan salah satu makronutrien yang sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produktifitas biomassa alga karena dibutuhkan untuk pembentuk protein, lemak dan klorofil (Richmond, 1998 *dalam* Klau, 2003).

Pengaruh dari pemberian konsentrasi nitrogen yang berbeda akan menghasilkan kandungan kadar protein dan lemak yang berbanding terbalik. Semakin tinggi konsentrasi nitrogen maka kadar protein yang dihasilkan akan tinggi sedangkan kadar lemaknya menurun, dan sebaliknya (Pioreck *et al*, 1984 *dalam* Becker, 1994).

Dengan demikian, Chlorella yang mengandung kadar protein tinggi atau kadar lemak yang lebih besar dapat diperoleh melalui medium kultur/pembibitan pada kadar nitrogen yang berbeda-beda. Apabila diketahui kisaran kadar nitrogen yang dibutuhkan untuk mendapatkan kadar protein dan lemak yang diinginkan, maka budidaya terhadap

alga jenis ini dapat dikembangkan lebih baik lagi untuk menghasilkan produk yang dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk kesejahteraannya.

1. 2 Rumusan Masalah

Pada medium kultur/pembibakan *Chlorella* sp dibutuhkan unsur nitrogen. Ketersediaan unsur ini dalam media dapat disuplai melalui pemupukan. Unsur nitrogen berfungsi untuk membentuk protein, lemak dan klorofil. Variasi dari konsentrasi kadar nitrogen, akan mempengaruhi kadar protein dan kadar lemak yang dihasilkan. Hal tersebut perlu diketahui, untuk mendapatkan suatu sel *Chlorella* sp yang dapat menghasilkan kadar protein maupun kadar lemak yang sesuai dengan keinginan. Sehingga kadar protein atau kadar lemak yang dihasilkan dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk kepentingan manusia seperti sebagai suplemen bagi tubuh. Dalam penelitian ini menggunakan unsur nitrogen dari *pupuk urea* (45%) yang banyak beredar dipasaran dengan harga yang relatif murah.

1. 3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk nitrogen dengan konsentrasi yang berbeda terhadap kadar protein dan kadar lemak yang dihasilkan oleh *Chlorella* sp.

1. 4 Kegunaan Penelitian

Dengan diketahui variasi kadar pupuk nitrogen yang mempengaruhi kadar protein dan kadar lemak yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan, maka hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai tambahan informasi kepada masyarakat yang akan memanfaatkan protein atau lemak dari *Chlorella* sp.

1. 5 Hipotesa

H1 = Diduga bahwa pemberian variasi kadar pupuk N_urea berpengaruh terhadap kadar protein dan lemak yang dihasilkan pada *Chlorella* sp.

H0 = Diduga bahwa pemberian variasi kadar pupuk N_urea tidak berpengaruh terhadap kadar protein dan lemak pada *Chlorella* sp.

1. 6 Tempat Dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium IIP dan Workshop Fakultas Perikanan dan Laboratorium Teknologi Hasil Pangan Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang pada bulan Juli – Agustus 2008.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2. 1 *Chlorella* sp

2.1.1 Morfologi Dan Klasifikasi

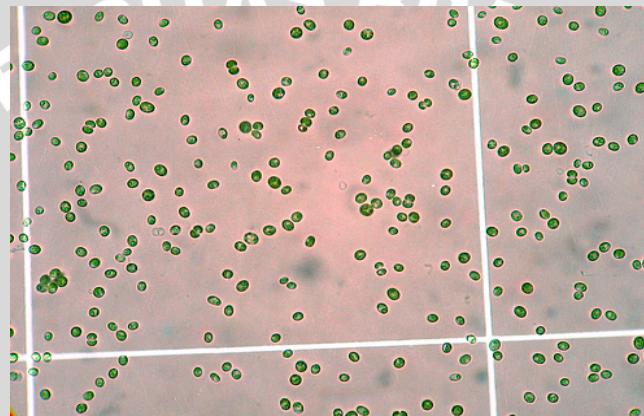
Kata Chlorella berasal dari dua suku kata yaitu *chlor* yang berarti hijau dan *ella* yang berarti kecil. *Chlorella* sp termasuk komoditas perikanan berdasarkan undang-undang Republik Indonesia nomor 9 tahun 1985 tentang perikanan. Priyadi (1992), memberikan definisi *Chlorella* sp merupakan alga hijau bersel tunggal yang mempunyai nilai gizi cukup tinggi sehingga potensial sebagai pakan larva udang, benih ikan dan campuran makanan manusia. Disamping itu *Chlorella* sp (Gambar 1) merupakan tumbuhan tingkat rendah karena tak mempunyai akar, batang dan daun (Wirosaputro, 1998).

Menurut habitat hidupnya ada dua macam *Chlorella* yaitu hidup di air tawar dan jenis yang hidup di air laut antara lain *Chlorella minutissima*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Chlorella virginica* (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Bold dan Wynne (1985), mendeskripsikan *Chlorella* sp sebagai berikut :

- Merupakan organisme uniseluler yang berukuran 2 hingga 12 mikron.
- Bersifat non motil.
- Mempunyai dinding sel tebal tersusun dari sporollenin.
- Pada umumnya soliter.
- Menghasilkan antibiotik chlorellin yang merupakan senyawa anti bakteri, anti jamur dan anti virus serta biotin yang sangat berguna untuk membangun benteng pertahanan tubuh ketika kuman dan penyakit keluar masuk kedalam tubuh.

Jensen (1987) dalam Wirosaputro (1998) menyatakan *Chlorella* sp mengandung protein tinggi terdiri dari 8 asam amino essensial yang dapat dilihat pada Lampiran 2. *Chlorella* sp berwarna hijau karena klorofil merupakan pigmen yang dominan, dinding selnya keras terdiri atas selulosa dan pektin. Struktur kimia klorofil mirip struktur kimia hemoglobin darah. Selain itu *Chlorella* sp juga kaya vitamin A dan mineral berada dalam bentuk β -karoten terdapat pada Lampiran 1.



Gambar 1. *Chlorella* sp (Mikroskop Olympus : perbesaran 400X, Kamera Olympus FE-100, 4.0 Megapixel)

Taksonomi *Chlorella* sp dinyatakan Bold dan Wyne (1985) sebagai berikut :

Division	: Chlorophyta
Klas	: Chlorophyceae
Ordo	: Chlorococcales
Familia	: Chlorellaceae
Genus	: Chlorella
Spesies	: <i>Chlorella</i> sp

2.1.2 Sifat Ekologi Dan Fisiologi *Chlorella* sp

Chlorella sp bersifat kosmopolit (dapat tumbuh dimana-mana), kecuali pada tempat yang sangat kritis bagi kehidupan. Alga ini dapat tumbuh pada salinitas 0-35 ppt. salinitas 10-20 ppt merupakan salinitas optimum untuk pertumbuhannya. *Chlorella* sp masih dapat bertahan hidup pada suhu 40°C, tetapi tidak tumbuh. Kisaran suhu 25-30 °C merupakan kisaran suhu yang optimal untuk pertumbuhan alga ini (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). *Chlorella* sp dapat tumbuh baik pada kisaran pH 8-9,5 dan intensitas cahaya sebesar 1.000-10.000 lux (Hirata, 1980 dalam Setyowati, 2006).

2.1.3 Reproduksi Sel *Chlorella* sp

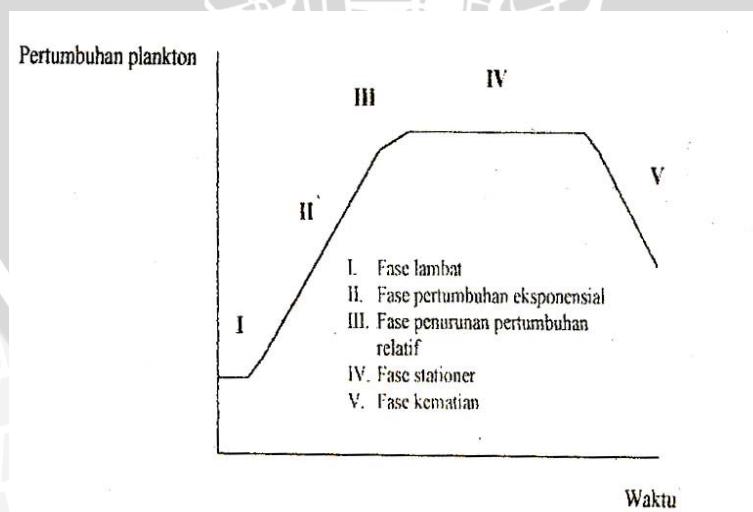
Perkembangbiakan *Chlorella* sp menurut Djarijah (1995), dapat terjadi secara vegetatif (aseksual) maupun secara generatif (seksual). Perkembangbiakan secara vegetatif diawali dengan membentuk spora. Setiap induk *Chlorella* sp akan mengeluarkan zoospore yang disebut aplanospora sebanyak 8 buah. Selanjutnya aplanospora berkembang menjadi individu-individu baru. Perkembangbiakan vegetatif ini juga dilakukan dengan cara pembelahan, setiap satu sel induk membelah menjadi 2 buah sel anak yang sama besarnya. Sedangkan perkembangbiakan secara generatif belum banyak diketahui.

Laju pembelahan sel *Chlorella* sp antara lain dipengaruhi oleh intensitas cahaya, suhu dan nutrien. Di daerah tropis bila faktor-faktor lingkungan sekitar dalam keadaan maksimal, maka *Chlorella* sp dengan ukuran 2-3 mikron dalam waktu 24 jam dari 1 sel dapat menjadi 10.000 sel (Sachlan, 1982). Pada umumnya perbanyakkan sel *Chlorella* sp terjadi dalam kurun waktu 4-14 jam bergantung pada lingkungan yang mendukungnya (Suriawiria, 1987 dalam Setyowati, 2006).

2.1.4 Pertumbuhan

Pertumbuhan dapat didefinisikan sebagai pertambahan secara teratur semua komponen di dalam sel hidup. Pada organisme multiseluler yang disebut pertumbuhan adalah peningkatan jumlah sel per organisme. Ukuran sel juga menjadi lebih besar. Pada organisme uniseluler (bersel tunggal), pertumbuhan adalah pertambahan jumlah sel yang berarti juga pertambahan jumlah organisme, misalnya pertumbuhan yang terjadi pada suatu kultur jasad renik. Menurut Fardiaz (1992), pada organisme soenositik (aseluler) selama pertumbuhan ukuran sel menjadi bertambah besar tetapi tidak terjadi pembelahan sel.

Wirosaputro (1998) mengatakan pertumbuhan fitoplankton sangat erat kaitannya dengan ketersediaan hara makro dan mikro serta dipengaruhi kondisi lingkungan. Isnansetyo dan Kurniastuty (1995) berpendapat bahwa pertumbuhan fitoplankton ditandai dengan bertambah besarnya ukuran sel atau bertambah banyaknya jumlah sel. Secara skematis pola pertumbuhan fitoplankton dapat digambarkan seperti Gambar 2.



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

Pertumbuhan sel fitoplankton mengikuti suatu pola tertentu dimana terdapat 5 fase pertumbuhan yaitu :

1. Fase istirahat

Terjadi setelah penambahan inokulum ke dalam media kultur, dimana fase ini berhubungan dengan beberapa faktor antara lain penurunan aktivitas enzim, penurunan tingkat metabolisme, peningkatan ukuran sel tetapi tak berkembangbiak.

2. Fase logaritma/eksponensial

Fase ini ditandai dengan pembelahan sel dengan laju pertumbuhan sel secara cepat. Laju pertumbuhan biasanya relatif konstan dan nilainya tergantung pada ukuran sel, intensitas cahaya dan suhu. Cepat lambat pertumbuhan eksponensial pada kultur volume terbatas akhirnya akan berhenti.

Faktor-faktor yang menyebabkan hal ini adalah : habisnya nutrient, laju penyediaan karbondioksida, perubahan pH media sebagai hasil dari preferensi penyerapan unsur-unsur tertentu, penurunan intensitas cahaya dan Autoinhibition.

3. Fase berkurangnya pertumbuhan relatif

Fase ini ditandai dengan berkurangnya nutrisi, kecepatan suplai CO_2 dan O_2 , berubahnya pH, terbatasnya cahaya yang masuk dalam media serta adanya bahan yang beracun.

4. Fase stasioner

Pada fase ini laju reproduksi sama dengan laju kematian. Dengan demikian penambahan dan pengurangan jumlah fitoplankton relatif sama atau seimbang sehingga kepadatan fitoplankton tetap. Produksi pada fase stasioner juga tergantung pada kondisi alami dari faktor-faktor yang membatasi pertumbuhan.

5. Fase kematian

Fase kematian merupakan penurunan jumlah organisme kultur setelah melewati fase stasioner. Pada fase ini ditandai dengan laju kematian yang lebih tinggi daripada laju reproduksi.

2.2 Peranan Unsur Hara Bagi Fitoplankton

Nutrien (unsur hara) adalah setiap zat yang diperlukan oleh organisme untuk mendukung kelangsungan hidupnya. Pertumbuhan fitoplankton merupakan interaksi dari cahaya, suhu dan konsentrasi hara (Suryanto, 2006). Untuk pertumbuhannya alga memerlukan unsur hara makro maupun mikro. Jaringan sel alga terdiri dari protein, lemak, karbohidrat dan nucleoprotein, yang dapat berfungsi dengan bantuan enzim. Untuk pembentukan jaringan diperlukan unsur hara makro seperti C, H, O, N, P, S, K. Sedangkan untuk pembentukan enzim-enzim diperlukan unsur hara mikro seperti Fe, Zn, Mg, Pb, Bo, Mo, Co (Sarief dalam Subarijanti, 1990).

2.3 Unsur Nitrogen (N)

Nitrogen adalah zat makanan terpenting yang memberi kontribusi terhadap biomassa yang dihasilkan. Kadar nitrogen biomassa dapat berkisar dari 1% sampai lebih dari 10% dan kadar tersebut tidak hanya berbeda-beda antara kelompok-kelompok yang berbeda (misalnya, kadarnya rendah pada diatom) tapi dalam spesies tertentu, tergantung pada suplai dan ketersediaannya. Jika alga kekurangan nitrogen maka akan terjadi penurunan klorofil, peningkatan karotenoid dan terbentuk akumulasi senyawa karbon organik seperti polisakarida dan minyak jenis tertentu (PUFA) (Richmond, 2004). Menurut Effendi (2003), nitrogen anorganik terdiri atas amonia (NH_3), ammonium (NH_4), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3) dan molekul nitrogen (N_2) dalam bentuk gas.

Nitrogen organik berupa protein, asam amino dan urea. Bentuk-bentuk nitrogen tersebut mengalami transformasi sebagai bagian dari siklus nitrogen.

Menurut Richmond (1998) dalam Klau (2003), nitrogen merupakan salah satu makronutrien yang sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produktifitas biomassa alga karena dibutuhkan untuk pembentuk protein, lemak dan klorofil. Nitrogen terdapat dalam air berupa nitrat, nitrit dan ammonia. Dalam budidaya *Chlorella* sp dilaboratorium maupun diruangan setengah terbuka dibutuhkan penambahan unsur nitrogen.

Pada perairan yang tidak dipupuk kandungan total ammonia (NH_3^- dan NH_4^+) rata-rata mencapai sekitar 0,052 mg/l-N, dengan rata-rata NH_3^- mencapai 0,075 mg/l-N. kandungan ammonia nitrogen dan nitrat akan meningkat setelah pemberian pupuk atau akibat kematian plankton (plankton die-off) (Wiadnya, 1997 dalam Harlianto, 2002)

Urea merupakan pupuk tunggal yang mengandung unsur hara nitrogen (N) dengan rumus $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, kandungan N mencapai 45 - 46%. Pupuk ini mudah larut dalam air dan mudah diserap oleh tanaman. Fungsi nitrogen antara lain untuk merangsang pertumbuhan dan merupakan bahan penyusun klorofil, protein, asam amino dan asam nukleat (Whitton dan Vymazal, 1996 dalam Klau, 2003).

2.4 Unsur Fosfor (P)

Fosfor juga merupakan unsur penting terutama untuk transformasi energi yang berperan dalam proses fotosintesis dan pembentukan klorofil (Kuhl, 1974 dalam Setyowati, 2006). Menurut Sarif (1986) dalam Subarjanti (1990), fosfor merupakan bagian dari inti sel, sangat penting dalam pembelahan sel dan juga sebagai penyusun lemak dan protein.

Unsur fosfor berada dalam tiga bentuk yaitu : Orthophospat, Metaphospat dan polyphospat. Hanya Orthophospat yang mampu dimanfaatkan oleh alga. Kebutuhan fosfat oleh alga hanya dalam jumlah tertentu saja dan tergantung jenisnya. Misalnya jenis-jenis Diatom akan mendominasi perairan yang berkadar fosfat rendah 0-0,02 ppm, pada kadar 0,02-0,05 ppm banyak tumbuh Cyanophyceae (Wetzel 1975 *dalam* Subrijanti, 1990).

Menurut Ashari (1995) *dalam* Setyowati (2006), fosfor sangat fital bagi tanaman karena merupakan sumber energi untuk pertumbuhan tanaman. Fosfor berbentuk ATP merupakan ikatan fosfor yang mengandung energi tinggi. Selain itu, fosfor merupakan bagian dari asam nukleat, fosfolipid, koenzim NAD dan NADP.

2.5 Kandungan Gizi *Chlorella* sp

Chlorella sp memiliki komponen sel yang seluruhnya dapat dimanfaatkan oleh tubuh manusia untuk kesehatan maupun sebagai makanan. Untuk bidang kesehatan *Chlorella* sp mempunyai komponen kesehatan yang dapat mencegah seluruh penyakit yang mungkin akan diderita oleh manusia (Harlianto, 2002). Menurut Steenblock (1987), *Chlorella* mengandung vitamin, mineral, protein, asam lemak tidak jenuh, asam amino, asam nukleat enzim, B-karotin dan CGF (Chlorella Growth Factor). *Chlorella* berdiameter antara 0,002-0,010 milimeter atau rata-rata 0,005 mm dan sangat bermanfaat bagi manusia. Walaupun ukuran *chlorella* sangat kecil sekali, nilai gizinya sangat tinggi : karbohidratnya banyak mengandung selulosa dan hemiselulosa yang sangat berguna bagi tubuh manusia untuk mencegah penyakit sembelit, wasir, kanker usus besar, dan sebagainya. Dinding sel *chlorella* yang sangat tebal (14 mm) terdiri dari 27% protein; 9,2% lemak; 15,4% selulosa; 31% hemiselulosa; 3,3% glukosamin; dan

5,2% abu, zat besi serta kapur. Lemak Chlorella sebagian besar (81,8%) terdiri dari asam lemak tidak jenuh omega-3 dan omega-6, yang merupakan lemak esensial bagi tubuh serta berkhasiat untuk mencegah dan menurunkan darah tinggi, komposisi kadar lemak, protein dan karbohidrat pada *Chlorella* sp dapat dilihat pada Lampiran 2 (Muhilal, 1991; Oenzil, 1991 dalam <http://art-1.htm>, 2008).

Menurut <http://art-1.htm> (2008) secara garis besar, manfaat *Chlorella* untuk Kesehatan berdasarkan komponennya ada 4 yaitu:

1. Khasiat dinding sel ini ialah:

- a. Merangsang kekebalan tubuh sehingga tidak mudah terserang oleh penyakit yang disebabkan oleh virus (batuk, pilek); bakteri (disentri, tifus, bisul); dan sebagainya.
- b. Menyerap atau mengikat kolesterol sehingga tidak akan menyebabkan tekanan darah tinggi.
- c. Menyerap atau mengikat racun, baik yang berasal dari bahan kimia, makanan, maupun bakteri.
- d. Merangsang produksi sel-sel kekebalan saluran cerna sehingga tidak mudah terserang infeksi saluran cerna (atomatitis, gastritis, enteritis) dan tidak mudah sakit perut atau diare.

2. *Chlorophil* yang jumlahnya 3% dari warna hijau pada sel *Chlorella*. Dengan bantuan cahaya matahari, akan mampu mengubah air dan zat asam arang menjadi oksigen serta bahan makanan yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Manfaat *chlorophil* bagi kesehatan sudah lama diteliti (Karyadi, 1991; Mansyoer, 1991; Muhilal, 1991) dan di antaranya:

- a. Menghambat pertumbuhan bakteri jahat di dalam saluran cerna (dari mulut sampai anus), dan merangsang pertumbuhan bakteri yang sangat berguna untuk pencernaan makanan sehingga tidak mudah mendapat sariawan dan diare.
- b. Bersifat deodoran, sehingga dapat mengurangi bau badan, bau mulut, bau napas, juga bau yang berasal dari gas perut (flatus).
- c. Merangsang tumbuhnya fibroblast sehingga dapat mempercepat penyembuhan, baik luka oleh infeksi seperti sariawan dan tukak lambung (penyakit maag), luka membandel seperti pada kencing manis (diabetes), maupun luka sayat seperti kena pisau atau karena tindakan operasi.
- d. Memperbaiki fungsi hati sehingga hati dapat menjalankan fungsi metabolisme makanan dan detoksifikasi racun. Dengan demikian, sangat baik untuk mencegah penyakit hati (lever).
- e. Merangsang pembentukan sel darah merah (eritrosit) sehingga sangat baik untuk penderita anemia (kurang darah).
- f. Mencegah dan memperbaiki pengerasan pembuluh darah (aterosklerosis) sehingga dapat mencegah tekanan darah tinggi, penyakit reumatik, dan penyakit jantung.
- g. Memperlancar aliran darah sehingga dapat menurunkan tekanan darah tinggi, mengurangi kelelahan (tidak mudah lelah atau capek), menghilangkan nyeri sendi (reumatik), dan menyegarkan tubuh serta kulit sehingga akan tampak tetap segar dan awet muda.
- h. Bersifat anti-proteolitik sehingga dapat mencegah penyakit alergi dan penyakit keganasan (tumor, kanker).

- i. Bersifat antioksidan sehingga dapat mengikat radikal bebas, suatu senyawa kimia yang akhir-akhir ini dianggap sebagai penyebab terjadinya tumor/kanker dan penyakit degeneratif lainnya.
3. Betakaroten, yang jumlahnya 18-20 kali lebih banyak daripada kadar betakaroten dalam wortel, pepaya, atau tomat. Manfaat betakaroten ialah:
 - a. Sebagai antioksidan sehingga dapat mengikat radikal bebas.
 - b. Merangsang kekebalan tubuh dengan merangsang pembentukan makrofag, interferon, interleukin, dan memproduksi suatu zat yang disebut *tumor neoritizing factor* (TNF).
 - c. Merupakan sumber vitamin A yang berkhasiat untuk meningkatkan daya tahan tubuh, terutama selaput lendir mata (mencegah kebutaan), selaput lendir saluran napas (mencegah penyakit pilek dan radang saluran napas lainnya), selaput lendir saluran cerna (mencegah diare dan radang usus lainnya), serta selaput lendir saluran kemih (mencegah infeksi saluran kemih).
4. *Sari Chlorella* atau *Chlorella growth factor* (CGF). CGF ini mengandung bahan pertumbuhan yang disebut *Ribo Nucleic Acid* (RNA) sebanyak 10% dan *Deoxy Ribo Nucleic Acid* (DNA) 3%. Dengan adanya RNA dan DNA dalam jumlah yang banyak, *chlorella* mampu berkembang biak sangat cepat, menjadi 4 kali lipat hanya dalam waktu 16--20 jam. Satu sel *chlorella* baru mati setelah berkembang biak menjadi 10.000 sel (Jensen, 1990). Manfaat CGF adalah:
 - a. Menghambat pertumbuhan tumor ganas (kanker).
 - b. Meningkatkan regenerasi atau peremajaan sel-sel tubuh yang rusak atau menjadi tua dan mati, sehingga sel-sel tubuh tetap remaja dan tidak cepat menjadi tua. Dengan adanya proses ini maka penyakit-penyakit degeneratif atau penyakit menua pun

dapat dicegah dan dikurangi. Dengan kata lain, bila manusia mengkonsumsi *chlorella* terus-menerus maka tidak akan cepat menjadi tua dan akan panjang usia.

2.6 Pemupukan

Pemupukan merupakan usaha pemberian pupuk yang bertujuan menambahkan persediaan unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Hal ini dilakukan untuk menciptakan suatu kondisi yang optimum bagi pertumbuhan makanan alami atau fitoplankton sehingga tercapai suatu tingkat kesuburan perairan yang maksimal dan akan menghasilkan produksi maupun produktivitas yang tinggi.

Menurut Mudjiman (1984), tujuan pemupukan adalah untuk meningkatkan produksi makanan alami. Sedangkan maksud dari pemupukan adalah memperbaiki kondisi yang akan mempengaruhi kualitas air sehingga akan menciptakan suatu pertumbuhan yang baik bagi fitoplankton.

2.7 Aerasi

Menurut Round (1973) dalam Setyowati (2006), aerasi adalah pemompaan gelembung-gelembung udara ke dalam media kultur yang naik ke permukaan karena berat jenisnya lebih kecil daripada berat jenis air. Gerakan ini akan menimbulkan gesekan antara gelembung udara dengan molekul air, sehingga akan terjadi sirkulasi air.

Pengadukan diperlukan untuk membantu agar tidak terjadi pengendapan alga, dan memastikan bahwa semua sel alga memperoleh cahaya dan nutrien yang sama. Karbon udara untuk proses fotosintesis yang diperlukan dalam bentuk karbondioksida. Dalam budidaya dengan kepadatan tinggi CO₂ dari udara (mengandung 0,03% CO₂) merupakan faktor pembatas untuk pertumbuhan alga, maka perlu dibantu dengan adanya aerasi, selain untuk suplai oksigen juga untuk menjaga kestabilan pH (Ekawati, 2005).

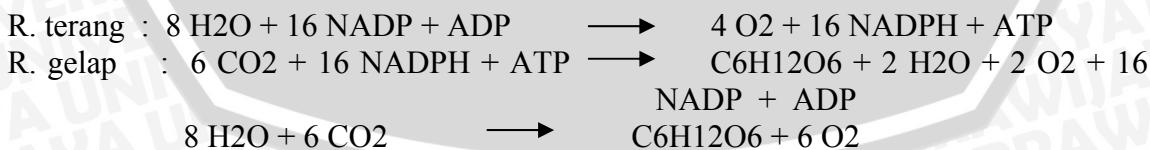
2.8 Fotosintesis

Fotosintesis merupakan proses pada tumbuhan hijau untuk menyusun senyawa organik dari karbondioksida dan air. Proses tersebut terjadi jika terdapat sinar matahari dan klorofil yang terdapat dalam tilakoid (Cifferi, 1983 *dalam* Klau, 2003).

Proses fotosintesis meliputi reaksi terang dan reaksi gelap. Reaksi terang sebenarnya merupakan reaksi pemecahan molekul air menjadi molekul O₂ dengan bantuan energi cahaya. Dari reaksi terang akan dihasilkan energy kimia yang disimpan dalam bentuk molekul Adenosin Tri Pospat (ATP). Selain itu akan dihasilkan suatu senyawa pereduksi Nikotinamida Adenin Dinukleotida Pospat Hidrogen (NADPH) yang nantinya akan mereduksi CO₂ dalam reaksi gelap. Hasil reaksi terang sangat labil dan akan terurai bila tidak digunakan langsung dalam reaksi gelap (Bidwell, 1998 *dalam* Erawati, 1994).

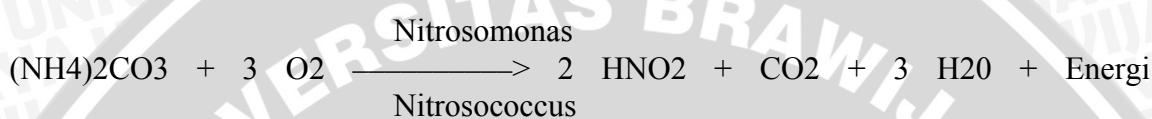
Reaksi gelap adalah reaksi reduksi CO₂ oleh NADPH dengan bantuan energy ATP menjadi senyawa kimia organik dan oksigen. Senyawa kimia organik pertama yang dihasilkan adalah gliseraldehida fosfat yang kemudian akan bergabung dengan sesamanya sehingga membentuk heksosa fosfat. Dari heksosa fosfat melalui proses polimerisasi akan terbentuk pati yang merupakan cadangan makanan bagi tumbuhan (Bidwell, 1998 *dalam* Erawati, 1994).

Reaksi kimia dalam proses fotosintesa dapat ditulis sebagai berikut :



Tidak semua tumbuhan dapat melakukan asimilasi C menggunakan cahaya sebagai sumber energi. Beberapa macam bakteri yang tidak mempunyai klorofil dapat mengadakan asimilasi C dengan menggunakan energi yang berasal dari reaksi-reaksi

kimia, misalnya bakteri sulfur, bakteri nitrat, bakteri nitrit, bakteri besi dan lain-lain. Bakteri-bakteri tersebut memperoleh energi dari hasil oksidasi senyawa-senyawa tertentu. Bakteri besi memperoleh energi kimia dengan cara oksidasi Fe^{2+} (ferro) menjadi Fe^{3+} (ferri). Bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* memperoleh energi dengan cara mengoksidasi NH_3 , tepatnya Amonium Karbonat menjadi asam nitrit dengan reaksi (Subandi, 2008) :



- Sintesis Lemak

Lemak dapat disintesis dari karbohidrat dan protein, karena dalam metabolisme, ketiga zat tersebut bertemu di dalam daur Krebs. Sebagian besar pertemuannya berlangsung melalui pintu gerbang utama siklus (daur) Krebs, yaitu Asetil Ko-enzim A. Akibatnya ketiga macam senyawa tadi dapat saling mengisi sebagai bahan pembentuk semua zat tersebut. Lemak dapat dibentuk dari protein dan karbohidrat, karbohidrat dapat dibentuk dari lemak dan protein dan seterusnya (Subandi, 2008).

* Sintesis Lemak dari Karbohidrat:

Glukosa diurai menjadi piruvat \longrightarrow gliserol

Glukosa diubah \longrightarrow gula fosfat \longrightarrow asetilKo-A \longrightarrow asam lemak.

Gliserol + asam lemak \longrightarrow lemak.

* Sintesis Lemak dari protein.

Protein \longrightarrow Asam Amino
protease

Sebelum terbentuk lemak asam amino mengalami deaminasi lebih dahulu, setelah itu memasuki daur Krebs. Banyak jenis asam amino yang langsung ke asam piravat —> Asetil Ko-A. Asam amino Serin, Alanin, Valin, Leusin, Isoleusin dapat terurai menjadi Asam pirovat, selanjutnya asam piruvat —> gliserol —> fosfogliceroldehid Fosfogliseraldehid dengan asam lemak akan mengalami esterifikasi membentuk lemak.

- Sintesis Protein

Sintesis protein yang berlangsung di dalam sel, melibatkan DNA, RNA dan Ribosom. Penggabungan molekul-molekul asam amino dalam jumlah besar akan membentuk molekul polipeptida. Pada dasarnya protein adalah suatu polipeptida (Subandi, 2008).

Setiap sel dari organisme mampu untuk mensintesis protein-protein tertentu yang sesuai dengan keperluannya. Sintesis protein dalam sel dapat terjadi karena pada inti sel terdapat suatu zat (substansi) yang berperan penting sebagai "pengatur sintesis protein". Substansi-substansi tersebut adalah DNA dan RNA (Subandi, 2008).

Kualitas Air

2.8.1 Cahaya

Faktor cahaya mempengaruhi kehidupan *Chlorella* sp meliputi intensitas, kualitas dan perioditas. Intensitas menggambarkan banyaknya cahaya yang diterima. Kualitas menggambarkan jenis cahaya, umumnya menggambarkan jenis cahaya, umumnya cahaya dengan panjang gelombang antara 400-720 milimikron. Perioditas menggambarkan lamanya cahaya yang mengenai sel *Chlorella* sp. Pengaruh ketiga faktor sangat besar bagi kelangsungan proses fotosintesis yang hasilnya digunakan untuk pertumbuhan dan metabolisme sel (Fogg, 1975 dalam Klau, 2003).

Menurut Sukenik, *dkk* (1989) dalam Richmond (2004), menunjukkan bahwa sel Nannochloropsis (*Chlorella* sp) bercirikan kadar lemak yang tinggi dan proporsi EPA yang tinggi pada kondisi cahaya yang terbatas, sedangkan golongan 16:0 dan 16:1 mendominasi ketika intensitas cahaya meningkat menjadi tingkat jenuh, karena PUFA adalah penyusun pokok membran thylakoid, produksi PUFA yang rendah dan ditingkatkan oleh cahaya biasanya dirangkai dengan peningkatan yang sesuai dalam membran thylakoid total pada sel-sel.

2.8.2 Derajat Keasaman (pH), Oksigen (O_2) Dan Karbondioksida (CO_2)

Derajat keasaman lebih dikenal dengan istilah pH. pH (singkatan dari puissance négative de H), yaitu logaritma dari kepekaan ion-ion H (hydrogen) yang terlepas dalam suatu cairan. Derajat keasaman atau pH air menunjukkan aktivitas ion hydrogen dalam larutan tersebut dan dinyatakan sebagai konsentrasi ion hydrogen (dalam mol per liter) pada suhu tertentu atau dapat ditulis (Ghufron *dkk*, 2007) :

$$pH = - \log (H^+)$$

pH air mempengaruhi tingkat kesuburan perairan karena mempengaruhi kehidupan jasad renik. Perairan asam akan kurang produktif, malah dapat membunuh hewan budidaya. Pada pH rendah kandungan oksigen terlarut akan berkurang, sebagai akibatnya konsumsi oksigen menurun, aktivitas pernapasan naik dan selera makan berkurang. Hal yang sebaliknya terjadi pada suasana basa baik dalam air dengan pH 6,5–9,0 dan kisaran optimal pH 7,5–8,7 (Ghufron. *dkk*, 2007). pH media kultur untuk menumbuhkan bermacam-macam alga berkisar antara 8,2–9,4 (Priyadi. *Dkk*, 1992).

Oksigen merupakan salah satu unsur penting bagi semua bentuk kehidupan karena berfungsi sebagai pengatur proses-proses metabolisme dan reaksi-reaksi biokimia lainnya. Kelarutan oksigen didalam air dipengaruhi oleh suhu, tekanan partikel gas, kadar garam serta senyawa yang mudah teroksidasi. Semakin kecil temperatur, kadar garam dan partikel gas maka kelarutan oksigen didalam air semakin berkurang (Richmond, 1988 *dalam* Klau, 2003).

Oksigen dan karbondioksida merupakan gas yang terpenting untuk fitoplankton. Oksigen digunakan untuk respirasi sedangkan CO₂ untuk proses fotosintesis (Taw, 1990). Menurut Lavens and Sorgeloos (1996) *dalam* Setyowati (2006), karbondioksida yang berlebih akan menyebabkan pH menurun dari batas optimum. Keseimbangan CO₂ dalam lingkungan perairan digambarkan sebagai berikut :



Bila jumlah CO₂ berlebih, maka reaksi akan bergeser ke kanan dan kembali ke kiri sehingga membentuk senyawa H₂CO₃ dimana senyawa ini akan menyebabkan pH turun dari batas optimum karena bersifat asam.

2.8.3 Suhu

Suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme organisme, karena itu penyebaran organisme baik dilautan maupun diperairan air tawar dibatasi oleh suhu perairan tersebut. Suhu sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air. Secara umum laju pertumbuhan meningkat sejalan dengan kenaikan suhu, dapat menekan kehidupan hewan budidaya bahkan menyebabkan kematian bila peningkatan suhu sampai ekstrim (drastis) (Ghufron *dkk*, 2007).

Hasil peneliti Richmond (2004), tentang pengaruh suhu terhadap kandungan dan komposisi lipida membran pada alga : penurunan suhu dibawah tingkat optimal untuk pertumbuhan umumnya menambah ketidakjenuhan lemak yang ada dalam sistem membran. Stabilitas dan fluiditas membran sel meningkat, khususnya membran thylakoid (melalui peningkatan kadar asam lemak tak jenuh dalam lipida membran) melindungi proses fotosintesis yang terhambat pada suhu rendah.

Menurut Effendi (2000), bahwa kisaran suhu yang optimal bagi pertumbuhan fitoplankton diperairan adalah 20°-30°C. Sedangkan menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995), suhu optimal bagi pertumbuhan *chlorella* sp adalah berkisar 25°-30°C.

2.8.4 Salinitas

Salinitas adalah kadar seluruh ion-ion yang terlarut dalam air. Komposisi ion-ion pada air laut dapat dikatakan mantap dan didominasi oleh ion-ion tertentu seperti klorida, karbonat, bikarbonet, sulfat, natrium, kalsium dan magnesium (Boyd, 1982 dalam Ghufron. dkk, 2007).

Salinitas air sangat berpengaruh terhadap organisme air dalam mempertahankan tekanan osmotik antara protoplasma organisme dengan air sebagai lingkungan hidupnya. Bagi organisme akuatik multiseluler tekanan osmotik sel terkait langsung dengan penyerapan nutrien untuk metabolisme. Perbandingan tekanan osmotik sel dan salinitas akan mempengaruhi sistem transport nutrient (Richmond, 2004).

Pada umumnya kadar garam dalam sel organisme laut cenderung sama dengan kadar garam rata-rata air laut. Dengan perkataan lain organisme laut pada umumnya bersifat isotonis terhadap lingkungan perairan tempat hidupnya. Akan tetapi, bila organisme tersebut berada pada lokasi dengan salinitas rata-rata air laut lebih tinggi

maupun lebih rendah, maka diperlukan suatu mekanisme pengatur tekanan osmose sel supaya terjadi keseimbangan antara tekanan osmosa di luar dan di dalam sel (Wahyudi, 1999). Menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995), salinitas optimum untuk pertumbuhan *Chlorella* berkisar antara 10 – 20 promil.

2.9 Teknik Kultur *Chlorella* sp

Chlorella sp dapat diproduksi menggunakan berbagai teknik, mulai dari teknik kultur laboratorium yang terkontrol sampai teknik nonkontrol pada indoor maupun outdoor. Kultur laboratorium adalah pengembangan plankton dalam ruangan terkontrol dan terjaga dengan tujuan untuk pemeliharaan dan produksi bibit. Selanjutnya kultur fitoplankton pada wadah yang lebih besar disebut dengan kultur bertingkat dapat dilihat pada Lampiran 3 (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Bibit *Chlorella* sp murni yang tidak tercampur oleh jenis plankton dan tumbuhan air lain dapat diperoleh dengan dengan cara kultur murni. Cara ini biasa dilakukan untuk produksi satu jenis plankton saja. Pelaksanaan kultur murni *Chlorella* sp hanya dapat diakukan didalam laboratorium atau tempat khusus, sedangkan untuk pelaksanaan produksi massal dapat dilakukan di kolam atau perairan lain (Djarijah, 1995).

Kultur *Chlorella* sp dapat dilakukan pada berbagai tingkat yaitu skala laboratorium, semi outdoor dan outdoor atau missal seperti yang terlihat pada Gambar 3. setiap tingkatan kultur khususnya skala laboratorium memerlukan kondisi lingkungan yang terkendali agar pertumbuhan optimal, sehingga didapatkan bibit *Chlorella* sp yang bermutu tinggi untuk kultur selanjutnya (Setyowati, 2006).

Menurut Setyowati (2006), metode kultur murni *Chlorella* sp skala laboratorium yang dilakukan di BBPBAP Jepara adalah sebagai berikut :

1. Bibit *Chlorella* sp yang baik dipilih dari kultur yang telah tersedia dengan menggunakan mikroskop. Kepadatan bibit yang terpilih dihitung dengan menggunakan Haemocytometer.
2. Botol kaca bervolume 2liter yang sudah steril disiapkan sebagai wadah kultur. Air salinitas 30ppt yang telah disaring melalui capsule filter 20 mikron disiapkan sebagai media.
3. Nutrien Walne dan vitamin B12 masing-masing dengan dosis 0,5 ml/liter ditambahkan dalam media dengan menggunakan mikropipet steril. Kepadatan *Chlorella* sp diamati dan dihitung setiap hari.

Adapun hasil-hasil penelitian tentang pertumbuhan *Chlorella* sp dengan beberapa metode dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil penelitian pertumbuhan mikroalga

No	Jenis perlakuan	Pupuk yang digunakan dan dosisnya	Lama kultur	Pertumbuhan yang dicapai	Kandungan Proksimat (%)	Sumber
1.	Pengaruh N_urea Terhadap Laju Pertumbuhan Dan Kandungan Protein <i>Spirulina</i> sp.	Media EDTA	10 hari	14.454 sel/ml	Protein = 59,80	Klau, 2003
2.	Pertumbuhan Dan Komposisi Kimia Diatom <i>Phaeodactylum Tricornutum</i> Bohlin Didalam Fotobioreaktor Tubular	Nutrien f/2 dengan menaikkan konsentrasi N dan P menjadi dua kali dari medium f/2 yang biasanya	12 hari	0,39 g.l ⁻¹	Protein = 50,3-53,1 Lemak = 19,5-24,4 Karbohidrat = 10,8-15,4	Chrismadha, 1993
3.	Pengaruh Penambahan Vitamin B12 Dengan Berbagai Konsentrasi Dalam Media Kultur Terhadap Pertumbuhan Populasi <i>Chlorella</i> sp.	Media Allen Miquel	10 hari	19.242.500 sel/ml	—	Nastiti, 1989
No	Jenis perlakuan	Pupuk yang digunakan dan dosisnya	Lama kultur	Pertumbuhan yang dicapai	Kandungan Proksimat (%)	Sumber
4.	Kultur Tiga Jenis Komposisi		17 hari	<i>Chlorella</i>	—	Sutomo,

	Mikroalga (<i>Tetraselmis</i> sp., <i>Chlorella</i> sp dan <i>Chaetoceros gracilis</i>) dan Pengaruh Kepadatan Awal Terhadap Pertumbuhan <i>C.gracilis</i>	modifikasi media f/2 (Guillard and Ryther, 1961)		sp. (10,525,00).		2005
5.	Aplikasi Fitohormon dan Zat Pengatur Tumbuh Untuk Meningkatkan Kualitas Kultur <i>Chlorella</i> sp	Allen Miquel dan ditambahkan fitohormon (auksin;65ppm, sitokinin;20ppm dan NPK;40ppm)	4 hari	3.745.000 sel/ml	—	Purwani, K., 2008
6.	Penggunaan Berbagai Media Buataan Untuk Produksi Biomassa <i>Chlorella Pyrenoidosa</i>	media Urea-NPK-ZA	2 hari	0,980 mg/l	—	Kabimawa, 1990
7.	Penggunaan Pupuk Urea, TSP dan KCL Dalam Kultur <i>Chlorella</i> sp	Pupuk anorganik (Urea;800ppm, TSP;15ppm dan KCL;40ppm serta campurannya;800ppm)	10 hari	3.07 juta-6.05 juta	—	Priyadi, A., dkk., 1992

Chlorella yang diperuntukkan bagi makanan larya udang, dikembangbiakkan dilaboratorium dalam skala kecil, menggunakan media buatan seperti media Detmer, Beneck, Molish dan Knop atau Beijerink, Bold dan Chu no.10, sedangkan untuk perkembangbiakan dalam skala besar, digunakan campuran pupuk urea (40-0-0) 100 ppm, NPK (16-20-0) 10 ppm atau urea (46) 10-15 ppm, NPK (21-0-0) 100 ppm dan NPK (21-20-0) 10-15 ppm (Nicholas dan Stein, 1977;Planton, 1978; Daulay dan Zaini, 1980; Shirota, 1996 *dalam* Priyadi, A., dkk., 1992).

Chlorella merupakan salah satu mikroalga yang sangat mudah diternakkan dari habitat asalnya. Namun keberhasilannya sangat ditentukan oleh seberapa jauh kondisi lingkungan hidupnya dimanipulasi dari kondisi yang baru. Perubahan lingkungan yang sifatnya sangat mendadak dengan kisaran yang cukup besar terhadap habitat asalnya akan dapat menghambat atau bahkan dapat mematikan sel *Chlorella* (Hama & Miyachi, 1988 *dalam* Kabimawa, 1990).

3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3. 1. 1 Alat

Alat yang digunakan selama penelitian berlangsung berupa stoples (volume 10 L), blower, haemocytometer, selang aerator, batu aerasi, refraktometer, lampu TL 40 watt, mikroskop, haemocytometer, magnetic stirer, pHmeter, DOmeter, hot plate, gelas ukur, timbangan analitik, kertas saring Whatman42, pipet tetes, pipet volume, beaker glass, oven dan corong.

3. 1. 2 Bahan

Bahan yang digunakan berupa biakan murni *Chlorella* sp. yang diperoleh dari BBAP Sitobondo sebanyak 12 liter, medium yang digunakan terdiri dari air laut dan media EDTA (Urea , FeCl₃, K₂HPO₄, dan Na₂EDTA₂) sebagai unsur hara, aquadest, kaporit dan natrium thiosulfat.

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah eksperimen yaitu suatu metode dengan cara melakukan percobaan untuk menguji hipotesa serta menemukan hubungan kausal antara variabel-variabel yang diselidiki. Sedangkan teknik pengambilan data dengan cara observasi langsung, yaitu pengamatan dan pencatatan secara sistematis fenomena-fenomena yang diselidiki (Yitsumarto, 1991). Pada penelitian ini dilakukan pengamatan langsung kelimpahan *Chlorella* sp, kadar protein dan lemak yang dihasilkannya. serta menganalisa beberapa parameter pendukung yaitu nitrat, suhu, pH, salinitas dan DO.

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) karena dalam penelitian ini semua kondisi baik bahan, media maupun lingkungannya dibuat sehomogen mungkin (Yitsumarto, 1991).

Dalam buku pedoman teknis budidaya pakan alami ikan dan udang (1992), disebutkan bahwa kadar urea dalam pupuk disarankan 10%. Hasil penelitian Pioreck *et al.* (1984) dalam Becker (1994), konsentrasi nitrogen yang digunakan pada kultur *Chlorella vulgaris* yaitu 0,001%, 0,003%, 0,01%, 0,03% dan 0,1%, dari variasi konsentrasi nitrogen tersebut menghasilkan kadar protein dan kadar lemak yang berbeda. Semakin tinggi konsentrasi nitrogen yang digunakan maka kadar protein yang dihasilkan akan lebih tinggi sedangkan kadar lemaknya menurun, dan sebaliknya. Hasil penelitian tersebut, dijadikan dasar penentuan konsentrasi dalam penelitian ini.

Empat konsentrasi kadar urea yang digunakan yaitu perlakuan A (0,4 ppm), perlakuan B (0,6 ppm), perlakuan C (0,8 ppm) dan perlakuan D (1,0 ppm) dan masing-masing diulang 3 kali.

Denah penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.

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

Gambar 3. Rencana Denah Percobaan

Keterangan:

- A, B, C dan D adalah perlakuan
- 1, 2 dan 3 adalah ulangan
- adalah Stoples

Model analisis keragaman rancangan acak lengkap tersebut, yaitu :

$$Y_{ij} = \mu + d_i + e_{ij}$$

Dimana :

Y_{ij} = pengamatan pada perlakuan ke – i dan ulangan ke – j

μ = rata-rata

d_i = pengaruh perlakuan ke – i

e_{ij} = kasalahan (galat) percobaan pada perlakuan ke – i dan untuk ulangan ke – j

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan dilakukan analisis statistik melalui uji sidik ragam atau anova (analysis of variance) bila $F_{hit} < 5\%$ dinyatakan tidak berbeda nyata, $5\% < F_{hit} < 1\%$ dinyatakan berbeda nyata, dan $F_{hit} > 1\%$ berbeda sangat nyata.

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1 Masa Persiapan

a. Persiapan Stoples Dan Peralatan Penunjang Lainnya (Sugiharto, 2007).

1. Stoples dan peralatan-peralatan penunjang dicuci dengan detergen dan dibilas dengan larutan kaporit 150 ppm.
2. Dinetralisir dengan larutan Natrium thiosulfat 40 ppm antara 1-2 jam setelah kloriniasi.
3. Dikeringkan selama 1 hari.

b. Persiapan Media Air Laut

1. Media air laut dibeli dari toko ikan laut dengan kisaran salinitas 32-35 ppt.
2. Disaring, kemudian disterilkan dengan menggunakan chlorin 60 mg/L selama minimal 1 jam.
3. Dinetralisir dengan larutan Na-Thiosulfat 20 mg/L.

4. Disiapkan stoples yang masing-masing bervolume 10 liter sebanyak 12 buah.
5. Dimasukkan media air laut sebanyak 8 liter per stoples dan diaerasi.

Menurut Ekawati (2005), suhu air yang optimum untuk pertumbuhan *Chlorella* sp adalah suhu 25-32 °C dan kadar garam 20-25 ppt. Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan kisaran suhu 25-30 °C.

c. Pembuatan Media *Chlorella* sp

Setiap liter media untuk pemeliharaan *Chlorella* sp dipupuk dengan 1 ml pupuk inti yang terdiri dari 10 mg K₂HPO₄, 2 mg FeCl₃, 2 mg Na₂EDTA, 1 L aquades. Kemudian ditambahkan urea menurut perlakuan (Tabel 1).

d. Persiapan Media *Chlorella* sp

1. Komposisi pupuk inti terdiri dari (K₂HPO₄ 10mg, Na₂EDTA 2mg dan FeCl₃ 2mg) dilarutkan dalam 1000 ml aquadest dan diaduk sampai homogen dengan menggunakan *magnetic stirer*.
2. Disiapkan 12 stoples yang telah steril. Masing-masing diisi dengan 8 liter air laut dengan salinitas ±25 ppt dan dipasang aerasi. Ditambahkan pupuk inti 8 ml dan ditambahkan urea sesuai dengan perlakuan pada tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan Kadar Urea

Perlakuan			Dosis Urea (mg/l)	Perkiraan Konsentrasi Nitrogen (mg/l)
A1	A2	A3	0,4	0,87
B1	B2	B3	0,6	1,33
C1	C2	C3	0,8	1,77
D1	D2	D3	1,0	2,22

e. **Persiapan Bibit *Chlorella* sp**

1. Bibit diambil dari kultur murni budidaya pakan alami *Chlorella* sp di BBAP Situbondo.
2. Mempersiapkan stok kultur murni *Chlorella* sp sebanyak 12 liter.
3. Setelah media kultur *Chlorella* sp telah disiapkan didalam toples, maka sebelum dimasukkan stok kultur *Chlorella* sp sebanyak 12 liter dibagi menjadi 12 bagian sehingga setiap toples akan ditanam bibit *Chlorella* sp sebanyak 1000 ml.
4. Setelah dibagi, maka bibit *Chlorella* sp akan ditebar pada masing-masing stoples.

3.4.2 Pelaksanaan Penelitian (Kultur *Chlorella* sp)

1. Masing-masing toples perlakuan diletakkan secara acak (sesuai denah penelitian).
2. Stoples yang telah steril diisi dengan 8 liter air dengan salinitas ± 25 ppt, dipasang aerasi yang cukup besar untuk membantu menambah kandungan oksigen dalam air yang diperlukan oleh plankton untuk proses metabolisme dan mencegah pengendapan plankton.
3. Masing-masing komposisi nutrien dengan dosis 1ml/liter ditambahkan dalam media.
4. Perlakuan konsentrasi kadar urea ditambahkan dalam media dan ditunggu beberapa saat sampai medium tercampur dengan baik.
5. Dilakukan penebaran *Chlorella* sp. dengan kepadatan awal 1 juta sel/ml. Stoples yang berisi kultur *Chlorella* sp ditempatkan dekat lampu TL 40 watt (2 buah) sebagai sumber energi untuk fotosintesis.
6. Pengamatan kelimpahan *Chlorella* sp dilakukan setiap hari yang dimulai hari pertama penebaran.

7. Pengamatan terhadap parameter pendukung dimulai pada hari pertama penebaran yaitu nitrat setiap 3 hari sekali, sedangkan suhu, pH, salinitas dan DO setiap hari.

3.5 Analisa Parameter

3.5.1 Analisa Parameter Uji

- **Kandungan Protein Dan Lemak Dalam Berat Kering Sel**

Untuk parameter uji kandungan protein dan lemak pada Chlorella yang dihasilkan dari kultur dengan konsentrasi N_urea yang berbeda, dilakukan pada Laboratorium Teknologi Hasil Pangan Fakultas Perikanan dalam berat kering sel.

Sebelum dipakai kertas saring Whatman 42 dioven dalam suhu 80 °C hingga beratnya konstan kemudian ditimbang. Setelah dipakai untuk menyaring *Chlorella* sp kertas saring dioven lagi pada suhu 80 °C sampai berat konstan lalu ditimbang lagi. Perbedaan berat sesudah dan sebelum dipakai untuk menyaring adalah berat kering sel (Erawati, 1995).

Analisa data yang digunakan adalah anova (analysis of variance) bila $F_{hit} < 5\%$ dinyatakan tidak berbeda nyata, $5\% < F_{hit} < 1\%$ dinyatakan berbeda nyata, dan $F_{hit} > 1\%$ berbeda sangat nyata.

- **Kelimpahan *Chlorella* sp**

Perhitungan kelimpahan *Chlorella* sp dilakukan dibawah mikroskop dengan menggunakan Haemocytometer, dengan rumus :

$$\text{Jumlah Total Sel} \\ \text{Jumlah Sel/ml} = \frac{\text{Jumlah Kotak Yang Dihitung}}{X \cdot 10^4}$$

3.5.2 Analisa Parameter Penunjang

Parameter penunjang terdiri dari suhu, pH, oksigen terlarut dan nitrat di analisis berdasarkan Bloom (1988) dan Hariyadi (1992).

a. pH Diukur Dengan pH Meter

- pH meter dikalibrasi terlebih dahulu dengan pH buffer netral yaitu aquades.
- pH meter dicelupkan kedalam air media beberapa saat.
- Dibaca angka yang tertera pada alat tersebut.

b. Oksigen Terlarut (DO) Dan Suhu Diukur Dengan DO meter

- DO meter dikalibrasi terlebih dahulu dengan pH buffer netral yaitu aquades.
- DO meter dicelupkan kedalam air media beberapa saat.
- Dibaca angka yang tertera pada alat tersebut.

c. Nitrat

- Membuat larutan standart pembanding

Tabel 1. Larutan standart pembanding nitrat-nitrogen

Larutan standart nitrat (ppm)	Nitrat-N yang dikandung
0,1	0,01
0,5	0,05
1,0	0,10
2,0	0,20
5,0	0,50
10	1,00

- Menyaring 50 ml air contoh dan menuangkan dalam cawan porselin.
- Menguapkan diatas pemanas (hot plate) sampai kering.
- Mendinginkan dan menambah 2 ml asam fenoldisulfonik dan mengaduk dengan pengaduk gelas.
- Mengencerkan dengan aquadest 10 ml.
- Menambahkan NH₄OH sampai terbentuk warna, memindahkan ke tabung nessler dan mengencerkan dengan aquadest sampai 100 ml.
- Membandingkan dengan larutan standart secara visual maupun dengan spektrofotometer (panjang gelombang 400-450 µm).

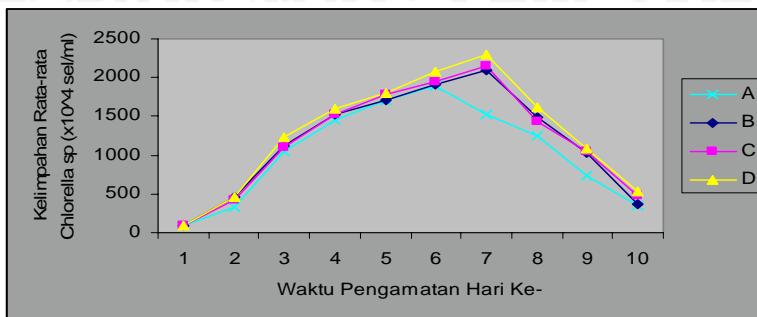


4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kelimpahan *Chlorella* sp

Data hasil pengamatan kelimpahan *Chlorella* sp selama penelitian masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Lampiran 3. Jumlah kelimpahan sel akan meningkat apabila konsentrasi nitrogen (N_{urea}) meningkat. Peningkatan kelimpahan tersebut disebabkan oleh pertambahan jumlah sel. Pada awalnya terjadi pertambahan sel yang relatif kecil, hal ini diduga disebabkan jumlah sel *Chlorella* sp pada perkembangbiakkannya perlu mengadaptasikan diri dengan lingkungan terlebih dahulu, baru memperbanyak diri. Menurut Fogg (1975), sel fitoplankton membutuhkan waktu untuk menyesuaikan diri dengan kondisi baru. Pada fase ini sel *Chlorella* sp masih dalam fase adaptasi. Namun memasuki pengamatan hari ke-3 masing-masing perlakuan telah memasuki fase eksponensial. Pada masing-masing perlakuan menunjukkan pencapaian puncak kelimpahan yang berbeda-beda (Gambar 4).

Laju pertumbuhan dipengaruhi oleh faktor tersedianya nutrien salah satunya adalah N_{urea} untuk aktivitas metabolisme sel. Apabila jumlah nutrien telah berkurang, maka laju pertumbuhan akan menurun, karena jumlah sel *Chlorella* sp tertinggi diperoleh pada pemeliharaan hari ke-7, yang diduga terjadi persaingan antar sel untuk memperoleh nitrogen yang telah berkurang. Tersedianya nitrogen dalam jumlah mencukupi dapat menopang laju pertumbuhan yang baik, walaupun kelimpahan populasi telah tinggi. Perubahan jumlah sel *Chlorella* sp pada setiap perlakuan dengan variasi kadar pupuk N_{urea} dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Kelimpahan *Chlorella* sp. A = konsentrasi N_urea 0,4 ppm. B = konsentrasi N_urea 0,6 ppm. C = konsentrasi N_urea 0,8 ppm. D = konsentrasi N_urea 1,0 ppm.

Pada hari ke-8 kecepatan pertumbuhan terjadi penurunan, disebabkan faktor kelimpahan populasi yang tinggi. Hal ini disebabkan semakin menipisnya ketersediaan nutrisi dalam media kultur. Ketersediaan nutrien yang terlalu sedikit akan mengakibatkan pertumbuhan lambat dan terjadi persaingan dalam memperoleh nutrien. Terjadinya persaingan ini akan melemahkan kondisi sel dan pada gilirannya akan mengurangi laju pertumbuhan *Chlorella* sp (Effendi, 2004). Apabila *Chlorella* sp pada kondisi kekurangan unsur nitrogen, walaupun unsur hara lain masih tersedia dalam jumlah yang mencukupi untuk pertumbuhannya, proses metabolisme sel terutama proses fotosintesis akan berjalan lambat dan terjadi penurunan laju pertumbuhan (Richmond, 2004).

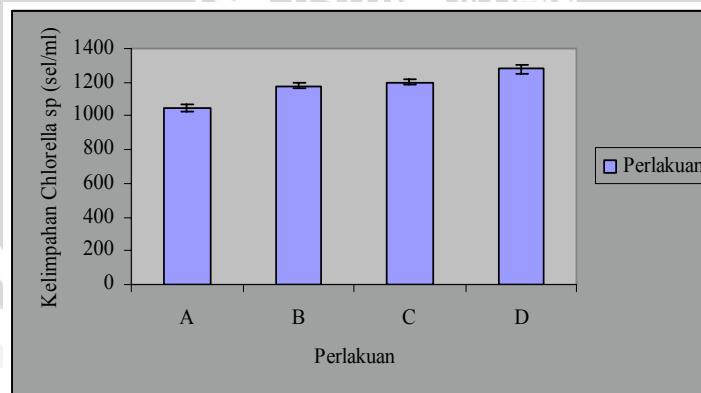
Pola pertumbuhan pada setiap perlakuan relatif sama (Gambar 4), namun terlihat ada perbedaan pada jumlah sel/ml dari setiap perlakuan. Kelimpahan *Chlorella* sp berkisar antara $1045,73 \times 10^4$ – $1279,7 \times 10^4$ sel/ml, dengan rata-rata terendah pada perlakuan A sebesar $1045,73 \times 10^4$ dan tertinggi pada perlakuan D sebesar $1279,7 \times 10^4$. Hasil analisa kelimpahan *Chlorella* sp ini hampir sama dengan penelitian Sutomo (2005), yang menemukan bahwa pada *Chlorella* sp dengan sumber nitrogen (NaNO_3) sebesar 0,01% menghasilkan kelimpahan *Chlorella* sp mencapai $1052,5 \times 10^4$ sel/ml.

Hasil analisa keragaman pada tabel 3 menunjukkan bahwa variasi kadar pupuk N_{urea} memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kelimpahan *Chlorella* sp selama penelitian. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung perlakuan (60,338) lebih besar dari F tabel 1% (7,59). Sehingga perlu dilakukan uji lanjutan yaitu uji pembandingan berganda dengan menggunakan uji BNT.

Tabel 3. Daftar Analisa Keragaman kelimpahan *Chlorella* sp

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	Uji F	
					F 5%	F 1%
Perlakuan	3	84706.702	28235.567	60.338**	4,07	7,59
Galat	8	3743.62	467.9525			
Total	11					

Masing-masing perlakuan dengan variasi kadar nitrogen mempunyai pengaruh yang berbeda sangat nyata pada tabel uji BNT (Lampiran 3). Hasil perhitungan kelimpahan *Chlorella* sp terhadap nilai standart deviasi dengan selang kepercayaan 95% diperoleh grafik sebagaimana terlihat pada gambar 5.

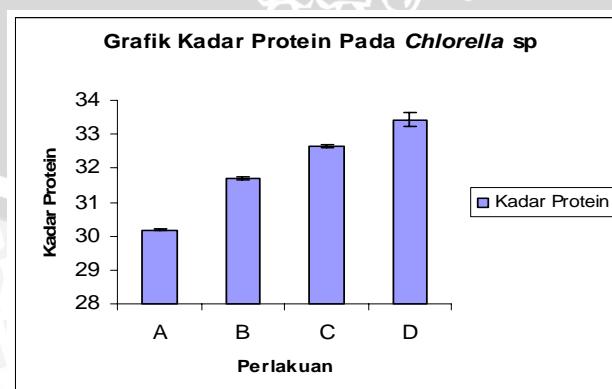


Gambar 5. Grafik kelimpahan *Chlorella* sp. Terhadap perlakuan, A = konsentrasi N_{urea} 0,4 ppm. B = konsentrasi N_{urea} 0,6 ppm. C = konsentrasi N_{urea} 0,8 ppm. D = konsentrasi N_{urea} 1,0 ppm.

Variasi kadar pupuk nitrogen mempengaruhi laju pertumbuhan *Chlorella* sp (Gambar 5). Berdasarkan gambar 5 jumlah *Chlorella* meningkat sesuai dengan peningkatan kadar pupuk nitrogen dengan masa inkulasi 10 hari. Menurut Wahyudi (1999), nitrogen merupakan komponen utama pembentuk asam amino yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan alga. Bila terjadi kekurangan nitrogen maka dapat mengakibatkan lambatnya pertumbuhan alga tersebut.

4.2 Kadar Protein Pada *Chlorella* sp

Kadar protein dari biomassa *Chlorella* sp pada perlakuan A (0,4 ppm) sebesar 30,18%, perlakuan B (0,6 ppm) sebesar 31,7%, perlakuan C (0,8 ppm) sebesar 32,65% dan perlakuan D (1,0 ppm) sebesar 33,43% (Gambar 6). Berdasarkan hasil analisa tersebut, variasi kadar N_urea mempengaruhi tingginya kadar protein yang dihasilkan oleh *Chlorella* sp. Kadar protein tertinggi yaitu pada perlakuan D sebesar 33,43%, sedangkan terendah pada perlakuan A yaitu sebesar 30,18%. Semakin tinggi kadar nitrogen, maka kadar protein yang dihasilkan semakin tinggi. Unsur nitrogen pada media kultur merupakan makronutrien yang dibutuhkan oleh *Chlorella* sp yang digunakan sebagai proses sintesa protein (Lampiran 11).



Gambar 6. Grafik Kadar Protein Pada *Chlorella* sp Dengan Mengabaikan Kadar Air, Abu Dan Serat. A=konsentrasi N_urea 0,4ppm. B=konsentrasi N_urea 0,6ppm., C=konsentrasi N_urea 0,8 ppm, D=konsentrasi N_urea 1,0 ppm.

Pada media kultur perlakuan D menghasilkan kadar protein tertinggi daripada perlakuan A, B dan C. Hal ini disebabkan, pada media kultur perlakuan D mempunyai kondisi kadar nitrogen yang tinggi. Sedangkan pada perlakuan A, B dan C kadar proteinnya lebih rendah disebabkan kekurangan nitrogen untuk sintesa protein yang dibutuhkan sebagai aktivitas metabolisme.

Hasil analisa kadar protein ini hampir sama dengan penelitian Piorreck, *et al* (1984) dalam Becker (1994), yang menemukan bahwa pada *Chlorella vulgaris* dengan sumber nitrogen (NH_4Cl) sebesar 0,03% menghasilkan total protein 31,2% dari berat kering, sedangkan bila menggunakan sumber nitrogen (KNO_3) dengan kadar yang sama menghasilkan kadar protein 31,1% dari berat kering (Lampiran 2).

Hasil analisa keragaman pada tabel 4 terdapat perbedaan pengaruh perlakuan yang sangat signifikan terhadap kadar protein yang dihasilkan *Chlorella* Sp nilai F_{hit} yang diperoleh sebesar 464,2208. Nilai ini lebih besar dari nilai F_{tabel} 5% sebesar 4,07 dan 1% sebesar 7,59, maka variasi kadar pupuk N_urea berpengaruh terhadap kadar protein yang dihasilkan oleh *Chlorella* sp. Sehingga perlu dilakukan uji lanjutan, yaitu uji pembandingan berganda dengan menggunakan uji BNT.

Tabel 4. Daftar Analisa Keragaman Kadar Protein Pada *Chlorella* sp

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F_{hit}	Uji F	
					F 5%	F 1%
Perlakuan	3	17,52433	5,84144	464,2208**	4,07	7,59
Galat	8	0,100667	0,01258			
Total	11	17,625				

Masing-masing perlakuan variasi kadar nitrogen mempunyai pengaruh yang berbeda sangat nyata. Perlakuan A (0,4ppm) mempunyai pengaruh yang berbeda sangat nyata dengan perlakuan B, C, dan D. Perlakuan B (0,6ppm) mempunyai pengaruh yang berbeda sangat nyata dengan perlakuan A, C, dan D. Perlakuan C (0,8ppm) mempunyai pengaruh yang berbeda sangat nyata dengan perlakuan A, B, dan D. Perlakuan D (1,0ppm) mempunyai pengaruh yang berbeda sangat nyata dengan perlakuan A, B, dan C. Unsur N_urea merupakan unsur yang mutlak harus tersedia dalam medium kultur *Chlorella* sp. Menurut Richmond (2004), Nitrogen merupakan salah satu makronutrien yang sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas biomassa alga karena dibutuhkan untuk pembentukan protein, lemak dan klorofil. Menurut Mayer & Anderson, 1992 dalam Priyadi, et al., 1992, bahwa urea adalah sumber nitrogen yang menjadi penyusun utama protoplasma sel terutama asam amino (Lampiran 11).

Hasil sidik ragam menunjukkan berbeda sangat nyata pada sumber keragaman linier dan kuadratik, maka untuk menentukan persamaan yang akan digunakan, dihitung nilai regresi dari keragaman linier dan kuadratik (Lampiran 4). Perhitungan pada Lampiran 4 didapatkan nilai regresi linier yang terbesar, sehingga digunakan perhitungan linier, didapatkan persamaan linier yaitu $Y = 87,965 + 3,202X$, dengan nilai R^2 sebesar 0,9695. Hal ini berarti kadar protein yang terdapat pada *Chlorella Sp.* 96% dipengaruhi oleh perlakuan-perlakuan yang diberikan.

4.3 Kadar Lemak Pada *Chlorella* sp

Kadar lemak pada biomassa *Chlorella* sp dengan perlakuan A (0,4ppm) sebesar 14,7%, perlakuan B (0,6ppm) sebesar 13,42%, perlakuan C (0,8ppm) sebesar 12,65% dan perlakuan D (1,0ppm) sebesar 11,42%. Hasil pengamatan kadar lemak tertinggi yaitu pada perlakuan A sebesar 14,7% dan terendah pada perlakuan D yaitu 11,42%.

Penurunan kadar lemak pada *Chlorella* sp dapat terjadi karena konsentrasi kadar nitrogen pada media kultur meningkat. Nitrogen digunakan dalam proses sintesis protein dan untuk proses reproduksi. Apabila kadar nitrogen rendah maka kadar lemaknya tinggi. Pada kondisi kekurangan nitrogen, sel-sel *Chlorella* akan mengalihkan produk fotosintesis menjadi senyawa-senyawa yang tidak mengandung nitrogen seperti karbohidrat dan lemak (Piorreck dan Pohl, 1984 *dalam* Klau, 2003). Apabila terjadi peningkatan kadar nitrogen maka cenderung terjadi peningkatan biomassa, kandungan protein dan klorofil. Sebaliknya, apabila terjadi penurunan nitrogen maka kandungan lemak pada Chlorophyta akan meningkat sampai (45% dari biomassa) dan yang 70% lemak netral seperti triacyglycerols (sebagian besar mangandung asam lemak 16:0 dan 18:1) (Becker , 1994).

Hasil analisa rata-rata kadar lemak pada *Chlorella* sp dengan variasi kadar pupuk nitrogen (N_Urea) berkisar antara 11,42% - 14,7% dari berat kering dapat dilihat pada gambar 7. Dari hasil analisa lemak ini hampir sama dengan hasil penelitian Piorreck, *et al.* (1984) *dalam* Becker (1994), bahwa pada *Chlorella vulgaris* mempunyai kadar lemak 11,8% dengan sumber nitrogen (NH₄Cl) dengan kadar sebesar 0,03%, sedangkan

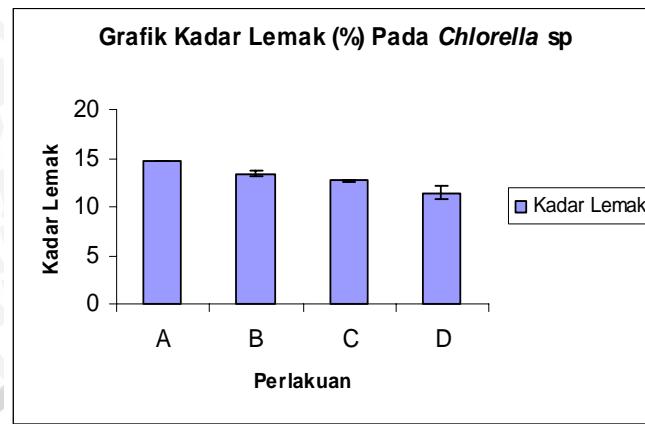
bila menggunakan sumber nitrogen (KNO_3) dengan kadar yang sama akan menghasilkan kadar lemak sebesar 21,8% dari berat kering (Lampiran 2).

Berdasarkan analisis ragam pada tabel 5, dapat diketahui bahwa nilai F_{hit} diperoleh sebesar 41,90128. Nilai ini lebih besar dari nilai $F_{\text{tabel}} 5\%$ sebesar 4,07 dan 1% sebesar 7,59, maka H_0 ditolak, yang berarti terdapat perbedaan pengaruh perlakuan yang sangat nyata terhadap kadar lemak yang dihasilkan oleh *Chlorella Sp.* Sehingga perlu dilakukan uji lanjutan, yaitu uji pembandingan berganda dengan menggunakan uji BNT.

Tabel 5. Daftar Analisa Keragaman KadarLemak Pada *Chlorella sp.*

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F_{hit}	Uji F	
					F 5%	F 1%
Perlakuan	3	17,07687	5,692289	41,90128**	4,07	7,59
Galat	8	1,0868	0,13585			
Total	11	18,16367				

Pada masing-masing perlakuan variasi kadar nitrogen mempunyai pengaruh yang berbeda sangat nyata antar perlakuan secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel uji BNT (Lampiran 5). Menurut Pioreck & Pohl (1984) dalam Chrismadha *et al.*, (1993), melaporkan bahwa kenaikan kadar lemak pada berbagai jenis alga terjadi pada saat nitrogen didalam sel sudah sangat berkurang yang terutama terjadi pada fase stasioner. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian nutrisi pada konsentrasi tinggi dapat meningkatkan kestabilan kultur, baik dari segi pertumbuhan maupun dari segi komposisi kimianya.



Gambar 7. Grafik Kadar Lemak Pada *Chlorella* sp Dengan Mengabaikan Kadar Air, Abu Dan Serat. A=konsentrasi N_urea 0,4ppm. B=konsentrasi N_urea 0,6ppm. C=konsentrasi N_urea 0,8ppm. D=konsentrasi N_urea 1,0ppm.

Berdasarkan hasil sidik ragam yang menunjukkan hasil yang berbeda sangat nyata adalah sumber keragaman linier dan kuadratik, maka untuk menentukan persamaan yang akan digunakan, dihitung nilai regresi dari keragaman linier dan kuadratik (Lampiran 5), diperoleh nilai regresi linier yang terbesar, sehingga digunakan perhitungan liniier. Hasil perhitungan didapatkan persamaan linier yaitu $Y = 15,70333 - 1,06267X$, dengan nilai R^2 sebesar 0,932571. yang berarti kadar lemak yang terdapat pada *Chlorella Sp.* 93% dipengaruhi oleh perlakuan-perlakuan yang diberikan.

4.4 Pengaruh Kadar Pupuk Nitrogen (N_Urea) Terhadap Ketersediaan Nitrat Pada Media Kultur *Chlorella* sp

Perubahan urea ($\text{CO}_2(\text{NH}_2)_2$) di dalam air terjadi melalui proses hidrolisa menjadi bentuk $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (amonium karbonat), NH_3 (amonia) dan CO_2 (karbondioksida) dengan persamaan :



Perubahan ammonium karbonat menjadi ammonia biasanya memerlukan waktu 2-3 hari, selanjutnya akan terbentuk nitrit dan nitrat melalui proses nitrifikasi (Hakim *et al.*, 1986 *in* Kamaluddin, 1999 *dalam* Soewardi dkk., 2005).

Urea dapat diabsorbsi oleh tanaman dari akar ke daun dengan bantuan enzyme urease yang akan terurai menjadi NH_3 dan CO_2 . dalam kultur tanaman jika ditambah NH_4^+ dan NO_3^- akan diserap oleh tanaman tetapi tergantung pada pH medium. Tanaman yang sangat muda cenderung mengabsorbsi NH_4^+ dan tanaman yang sudah tua mengabsorbsi NO_3^- (Arfiati, 2001).

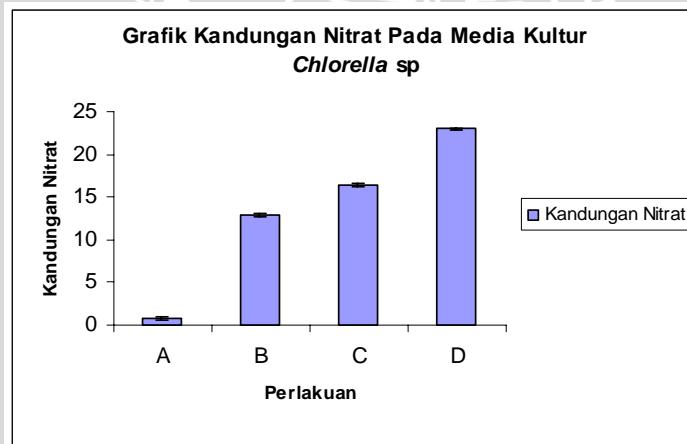
Hasil pengamatan kadar nitrat pada media kultur selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 6, setelah dilakukan analisa keragaman dari data-data diperoleh daftar sidik ragam seperti terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Daftar Analisa Keragaman Nitrat Media Kultur *Chlorella* sp

SK	db	JK	KT	Fhit	F 0,05	F 0,01
Perlakuan	3	14,51413	4,838044	259,4473	4,07	7,59
G. Percobaan	8	0,14918	0,018648			
G. Contoh	36	0,995126	0,027642	1,482364	2,21	3,04
Total	47	15,65844				

Berdasarkan tabel 6 dapat diketahui bahwa nilai F_{hit} perlakuan diperoleh sebesar 259,4473. Nilai ini lebih besar dari nilai $F_{\text{tabel}} 5\%$ sebesar 4,07 dan 1% sebesar 7,59, hal ini menunjukkan terdapat perbedaan pengaruh perlakuan yang sangat nyata terhadap kadar nitrat dalam media kultur *Chlorella* sp. Sehingga perlu dilakukan uji lanjutan, yaitu uji pembandingan berganda dengan menggunakan uji BNT.

Hasil uji BNT Lampiran 6 menunjukkan bahwa pada perlakuan A (0,4ppm) mempunyai pengaruh yang berbeda sangat nyata dengan perlakuan B, C, dan D (Gambar 8). Perlakuan B (0,6ppm) mempunyai pengaruh yang berbeda sangat nyata dengan perlakuan A, C, dan D. Perlakuan C (0,8ppm) mempunyai pengaruh yang berbeda sangat nyata dengan perlakuan A, B, dan D. Dan perlakuan D(1,0ppm) mempunyai pengaruh yang berbeda sangat nyata dengan perlakuan A, B, dan C. Kisaran kandungan nitrat dalam media selama penelitian adalah 0,882-2,477 mg/L. Kisaran ini masih layak untuk budidaya *Chlorella* sp sesuai dengan pendapat Subarjanti (1990), bahwa alga membutuhkan nitrogen minimum sebesar 0,35 mg/L. Apabila penambahan nitrogen yang melebihi dari batas yang dibutuhkan oleh alga selebihnya tidak ada gunanya. Kelebihan unsur hara nitrogen akan menyebabkan timbulnya jenis plankton lain yang tidak dikehendaki, misalnya microcystis.



Gambar 7. Grafik Kandungan Nitrat Pada Media Kultur *Chlorella* sp. A = konsentrasi N_{urea} 0,4ppm. B = konsentrasi N_{urea} 0,6ppm. C = konsentrasi N_{urea} 0,8ppm. D = konsentrasi N_{urea} 1,0ppm.

Untuk menentukan persamaan yang akan digunakan, dihitung nilai regresi dari keragaman linier dan kuadratik. Hasil perhitungan pada Lampiran 6 didapatkan nilai regresi linier yang terbesar, sehingga digunakan perhitungan linier, di dapatkan persamaan linier yaitu $Y = 0,279 + 0,488492X$, dengan nilai R^2 sebesar 0,91436. Hal ini berarti kadar nitrat yang terdapat pada *Chlorella Sp.* 91% dipengaruhi oleh kadar N_urea yang diberikan.

4.5 Parameter Pendukung Pada Media Kultur *Chlorella* sp

4.5.1 Suhu

Suhu merupakan faktor pembatas yang penting untuk kehidupan organisme, karena setiap organisme mempunyai kemampuan yang terbatas untuk mentolerir perubahan suhu yang terjadi pada lingkungannya. Organisme akan tumbuh dan berkembang dengan baik pada kondisi suhu optimalnya. Kondisi diatas atau dibawah suhu optimal akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan organisme. Bahkan pada suhu yang ekstrim, organisme mungkin akan mengalami kematian (Wahyudi, 1999).

Besarnya suhu selama penelitian menunjukkan hasil yang hampir sama dan tidak terjadi fluktuasi suhu yang tajam. Selama penelitian berlangsung sumber cahaya berasal dari lampu TL 40 watt yang diberikan secara kontinyu, sehingga panas yang dihasilkan tak banyak mengalami perubahan. Kisaran suhu selama penelitian (Tabel 7) berada pada kisaran 27–28,5°C. suhu tersebut masih dalam kisaran optimal pertumbuhan *Chlorella* sp. Menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995) menyatakan dalam pertumbuhan *Chlorella* sp membutuhkan kisaran suhu antara 25–30 °C (Tabel 7).

Tabel 7. Suhu Media Kultur *Chlorella sp*

Hari ke-	Medium			
	A	B	C	D
1	28,17	28,17	27,67	28,33
2	28	27,83	27,17	28
3	27,5	27,67	27,5	27,5
4	28,17	28,17	28,17	28,17
5	27,67	27,83	27,17	27,67
6	27,83	28	27,83	27,83
7	28,17	28,17	28,33	28,17
8	27,17	27,33	27,17	27,17
9	27,33	27,17	27,17	27,17
10	27,83	27,83	28	28,17
Total	278,17	278,17	276,18	278,18
Rata-rata	27,82	27,82	27,62	27,82

Menurut Wahyudi (1999), pengaruh suhu terhadap kecepatan metabolisme sel adalah pengaruh suhu secara langsung. Ternyata kecepatan metabolisme sel alga meningkat sejalan dengan kenaikan suhu sampai dicapai suhu optimal dan akan turun kembali jika suhu telah melewati titik optimal.

4.5.2 pH

Secara umum alga hijau dapat tumbuh baik pada pH 8–9. Diluar kisaran pH tersebut alga masih hidup, tetapi pertumbuhannya tidak optimal Sumawijaya (1973) menyatakan untuk mengkultur alga, maka perlu diperhatikan pH media, karena pH media amat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan alga. Derajat keasaman berperan dalam menentukan konsentrasi CO₂ dan kesetimbangan antara bikarbonat menjadi karbonat berlangsung sampai absorpsi dari udara mencapai kesetimbangan dengan penggunaan CO₂ oleh alga. Pada saat peningkatan pH yang melewati ambang batas, maka kecepatan tumbuh organisme akan menurun (Wahyudi, 1999).

Hasil pengukuran pH selama penelitian berkisar antara 8,6-9,18 (Tabel 8). pH ini tergolong sesuai bagi kehidupan *Chlorella* sp. Hal ini sesuai dengan pendapat Smith (1950) dalam Priyadi, et al., (1992) pH media kultur untuk menumbuhkan bermacam-macam alga berkisar antara 8,2 – 9,4.

Tabel 8. pH Media Kultur *Chlorella* sp

Hari ke-	Medium			
	A	B	C	D
1	8,72	8,7	8,77	8,79
2	8,86	8,74	8,79	8,87
3	8,94	8,81	8,89	8,94
4	9	8,92	9,04	9,05
5	9,06	9,04	9,1	9,06
6	9,08	9,08	9,12	9,12
7	9,13	9,14	9,14	9,14
8	8,95	9,12	8,99	9,02
9	8,81	9,1	8,92	8,86
10	8,61	8,91	8,79	8,82
Total	89,16	89,56	89,55	89,67
Rata-rata	8,92	8,96	8,96	8,97

Menurut Lavens dan Sorgeloos (1996) dalam Setyowati (2006), kisaran pH untuk sebagian besar fitoplankton adalah 7,9 sedangkan kisaran pH yang optimal untuk pertumbuhan fitoplankton adalah 8,2 – 8,7.

4.5.3 Salinitas

Konsentrasi larutan media sangat berpengaruh terhadap tekanan yaitu tinggi rendahnya osmose sel, yang secara langsung akan mempengaruhi proses metabolisme didalam sel alga (Lestari Angka et al., 1976 dalam Herianti et al., 1987). Salinitas yang berubah-ubah dalam air dapat menimbulkan hambatan bagi kultur fitoplankton sehingga sangat penting untuk menentukan salinitas optimum yang cocok untuk jenis fitoplankton dalam persiapan kultur (Setyowati, 2006).

Hasil pengamatan selama penelitian (Tabel 9) salinitas tidak terjadi perubahan yang mencolok. Hal ini terjadi karena pada awal penelitian salinitas air laut telah ditentukan yaitu berkisar ± 25 ppt. namun karena pengaruh aerasi dan penyinaran cahaya lampu neon sehingga terjadi evaporasi yang mengakibatkan salinitas berkisar 25–27 ppt. kisaran ini termasuk dalam kisaran untuk pertumbuhan normal *Chlorella* sp. Menurut Sylvester dkk. (2002) dalam Balai Budidaya Laut (2002), umumnya fitoplankton yang hidup dilaut dapat tumbuh normal pada kisaran salinitas 25 -35 ppt.

Tabel 9. Salinitas Media Kultur *Chlorella* sp

Hari ke-	Medium			
	A	B	C	D
1	25	25	25	25
2	25,33	25	25	25
3	25,33	25	25,67	25
4	25,33	25	25,33	25,33
5	25,33	26,33	25,33	26,33
6	25,33	25,67	25,67	25
7	25,33	25,33	25,33	25,33
8	25,67	26	25,67	25,67
9	26,67	26,33	26	26,33
10	26,67	26,67	26,67	26,33
Total	255,99	256,33	255,67	255,32
Rata-rata	25,599	25,633	25,567	25,532

4.5.4 Oksigen Terlarut

Oksigen merupakan salah satu unsur yang sangat penting bagi semua bentuk kehidupan di bumi, karena berfungsi sebagai pengatur proses metabolisme dan reaksi kimia serta biologi lainnya. Kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi oleh suhu, tekanan parsial gas-gas yang ada di udara maupun air, kadar garam serta adanya senyawa atau unsur yang mudah teroksidasi dalam air. Semakin tinggi temperatur dan kadar garam

serta tekanan parsial gas yang terlarut dalam air maka kelarutan oksigen didalam air akan makin berkurang (Wahyudi, 1999).

Kandungan oksigen terlarut dalam medium semakin meningkat seiring meningkatnya jumlah populasi. Peningkatan kandungan oksigen terlarut dalam medium mendapat suplai oksigen dari hasil fotosintesis *Chlorella* sp. Pada hari ke-1 kandungan oksigen terlarut pada semua perlakuan sama (Tabel 10), oksigen terlarut berkisar antara 4,3 -7,4 mg/l.

Dalam suatu perairan, oksigen merupakan kebutuhan pokok bagi organisme akuatik untuk melakukan proses respirasi. Sebagai organisme akuatik fotosintetik, *chlorella* sp membutuhkan oksigen untuk proses respirasi sel, dimana pada peristiwa respirasi ini akan dihasilkan energi untuk pertumbuhan dan perkembangan sel-selnya. Maka ketersediaan oksigen dilingkungan amat menentukan kehidupan *Chlorella*. Oksigen terlarut juga digunakan untuk menguraikan material dasar dan bahan organik yang terdapat dalam perairan (Wahyudi, 1999).

Tabel 10. DO Media Kultur *Chlorella* sp

Hari ke-	Medium			
	A	B	C	D
1	4,3	4,3	4,3	4,3
2	4,4	4,4	4,4	4,4
3	4,6	4,57	4,5	4,57
4	4,7	4,7	4,7	4,7
5	5	5	5,1	5,2
6	5,23	5,3	5,4	5,6
7	5,5	5,9	6,03	5,9
8	6,1	6,1	6,1	6,1
9	6,43	6,43	6,63	7,1
10	6,37	6,3	6,3	6,3
Total	52,63	53	53,46	54,17
Rata-rata	5,26	5,3	5,35	5,42

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penambahan pupuk nitrogen (N_{urea}) pada media kultur mempengaruhi kadar protein dan lemak pada *Chlorella* sp yang dikultur pada media tersebut. Penambahan urea 0,4ppm menghasilkan protein sebesar 30,18% dan lemak 14,7%, penambahan urea 0,6ppm menghasilkan protein sebesar 31,7% dan lemak 12,65%, penambahan urea 0,8ppm menghasilkan protein sebesar 32,65% dan lemak 13,42%, dan penambahan urea 1,0ppm menghasilkan protein sebesar 33,43% dan lemak 11,42%.

5.2 Saran

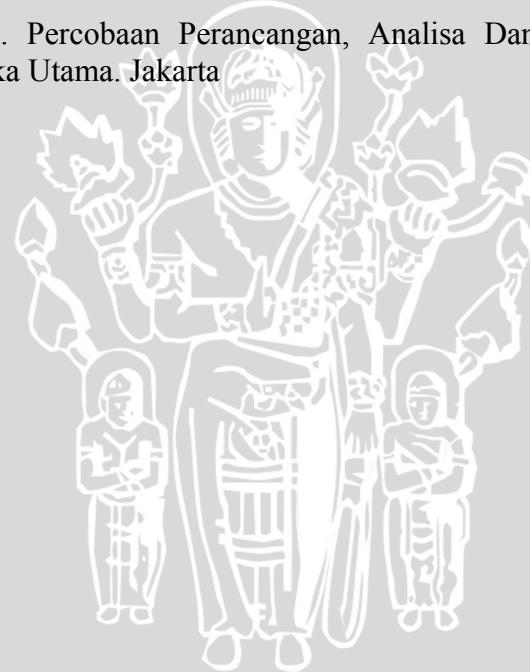
1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memanfaatkan sumber protein dan lemak dari *Chlorella* sp tersebut untuk kepentingan manusia, contohnya sebagai suplemen bagi tubuh.
2. Perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan titik jenuh pertumbuhan *Chlorella* sp dengan pertambahan pupuk nitrogen urea (N_{urea}).

DAFTAR PUSTAKA

- Arfiati, D. 2001. Limnologi Kimia Air. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang
- Bloom, S. H., 1988. Analisa Mutu Air Secara Kimiawi Dan Fisika. Laporan Tentang Pelatihan Praktek Pada Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang. 40 Hal
- Bold, B. C and M. J. Wynne., 1985. Introduction to The Algae. Second Edition. Prentice Hall Englewood Cliffs. New Jersey
- Chrismadha, T. 1993. Pertumbuhan Dan Komposisi Kimia Diatom *Phaeodactylum Tricornutumbohlin* Di Dalam Fotobioreaktor Tubular. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia* No. 27 : 33 – 45
- Dewi, U., 2006. Manajemen Kultur *Nannochloropsis* sp. Sklala Laboratorium Sebagai Pakan Rotifer BBAP Situbondo. Praktek Kerja Lapang. Sitobondo
- Djarijah, A. S., 1995. Pakan Ikan Alami. Kanisius. Yogyakarta
- Effendi, H., 2003. Telaah Kualitas Air. Kanisius. Yogyakarta
- Erawati, 1995. Pengaruh Penambahan Pupuk K_2SO_4 Dan $CO(NH_2)_2$ Pada Pertumbuhan Biomassa *Chlorella* sp. Skripsi. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang
- Fardiaz, S., 1992. Mikrobiologi Pangan 1. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Kordi, K. dan Tancung, B., 2007. Pengelolaan Kualitas Air. Rineka Cipta. Jakarta
- Hadioetomo, R.S., 1985. Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek. PT Gramedia. Jakarta
- Harlianto, S., 2002. Pengaruh Pemberian Pupuk Dengan Merk Dagang Bioton Dalam Konsentrasi Yang Berbeda Terhadap Kelimpahan *Chlorella* sp. Skripsi. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang
- Komposisi Chlorella, <http://www.Chlorella2.jpg.htm>. 10/03/2008
- Sehat Dengan Chlorella, <http://art-1.htm>. 10/03/2008
- Chlorella, <http://sunchlorella.htm>. 10/03/2008
- Isnansetyo, A dan Kurniastuty., 1995. Teknik Kultur Phytoplankton Dan Zooplankton. Kanisius. Yogyakarta

- Kabimawa, 1990. Penggunaan Berbagai Media Buatan Untuk Produksi Biomassa *Chlorella Pyrenoidosa*. *Terubuk* (47): 2-12
- Klau, J., 2003. Pengaruh N_Urea Terhadap Laju Pertumbuhan Dan Kandungan Protein Spirulina sp. Fakultas Biologi Universitas Atma Jaya. Yogyakarta
- Mudjiman, A., 1984. Ilmu Makanan Ikan. Penebar Swadaya. Jakarta. 164 hal
- Nastiti, 1989. Pengaruh Penambahan Vitamin B12 Dengan Berbagai Konsentrasi Dalam Media Kultur Terhadap Pertumbuhan Populasi *Chlorella* sp. Skripsi. Fakultas Perikanan Universitas Diponegoro. Semarang
- Piorreck, M., & Pohl, P., 1984. formation Of Biomass, Total Protein, Chlorophylls, Lipids & Fatty Acids In Blue Green Algae During One Growthphase. *Phytochemistry* 23 : 217 -223
- Priyadi, A. dan Chumaidi, 1987. Pertumbuhan Populasi Chlorella sp. *Bull. Penelitian Perikanan Darat.* 6 (2): 19-21
- Priyadi, A., Chumaidi & A. Sarnita, 1992. penggunaan Pupuk Urea, TSP Dan Kcl Dalam Kultur Chlorella sp. *Bull. Penelitian Perikanan Darat.* 11 (1): 43 - 46
- Purwani, K., 2008. Aplikasi Fitohormon dan Zat Pengatur Tumbuh Untuk Meningkatkan Kualitas Kultur *Chlorella* sp. ITS-Reseach. Surabaya
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, 1992. Pedoman Teknis Budidaya Pakan Alami Ikan Dan Udang. Seri Pengembangan Hasil Penelitian Perikanan
- Richmond. A., 2004. Handbool Of Microalga Culture:Biotechnology And Applied Phycology. Blockwell Science. Australia
- Sachlan, M., 1982. Planktonologi. Corespondence Course Centre. Direktorat Jenderal Perikanan. Jakarta
- Setyowati, C., 2006. Teknik Kultur Chlorella sp Skala Laboratorium Di BBPBAP Jepara. PKL. Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Erlangga. Surabaya
- Subarijanti. H. U., 1990. Kesuburan dan Pemupukan Perairan. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang
- Suryanto. A. M., 2006. Diktat Planktonologi (Peranan Unsur Hara Bagi Fitoplankton). Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Departemen Pendidikan Nasional. Malang

- Sutarmat dan Ismi, 1993. Upaya Peningkatan Perkembangan Populasi Nannochloropsis spp. Melalui Penambahan Sodium Bikarbonat (NaHCO_3). *Bull. Penelitian Perikanan Darat* 2 (9) : 21 -29
- Sutomo, 2005. Kultur Tiga Jenis Mikroalga (*Tetraselmis sp.*, *Chlorella sp* dan *Chaetoceros gracilis*) dan Pengaruh Kepadatan Awal Terhadap Pertumbuhan *C.gracilis*. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* N0 37 : 43-58
- Suwirya, *et all.*, 2002. Informasi Nutrisi Ikan Untuk Menunjang Pengembangan Budidaya Laut. *Balai Besar Riset Perikanan Budidaya Laut Gondol* 3 (2) : 14 - 20
- Wahyudi, P., 1999. Chlorella : Mikroalga Sumber Protein Sel Tunggal. *Jurnal Sains Dan Teknologi* 8 (2) : 21 - 26
- Wirosaputro, S. 1998. Chlorella Makanan Kesehatan Global Alami Buku 1. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Yitnosumarto, S. 1991. Percobaan Perancangan, Analisa Dan Interpretasinya. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta



Lampiran 1

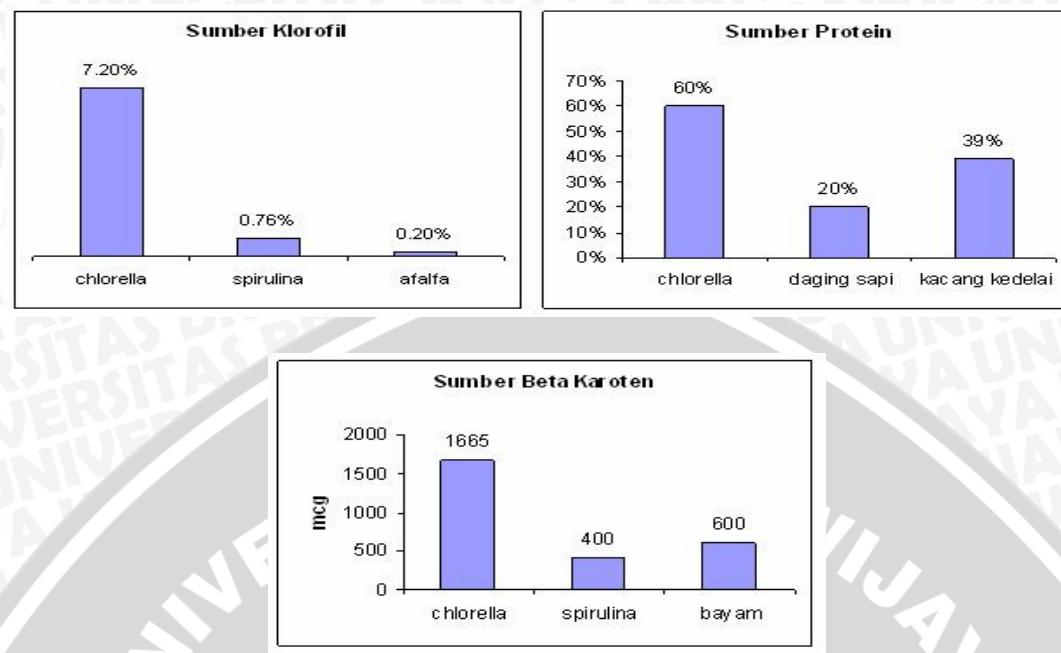
Analisis dilakukan oleh Japan Dairy Technical Association, 3, Kioicho, Chiyodaku, Tokyo, Japan; sampel: Chlorella G-Powder No. 650618; 17 Januari 1977 dalam <http://sunchlorella.htm.>, (2008), Chlorella juga mengandung 60,5% protein yang didalamnya terkandung 19 asam amino, termasuk 10 asam amino esensial.

Vitamin dan mineral (per 100g)

Vit A	55.500 IU	Asam folat	26.9 mcg
β-karoten	180.8 mg	Biotin	191.6 mcg
Klorofil a	1469 mg	PABA	0.6 mg
Klorofil b	613 mg	Inositol	165 mg
Tiamin (vit B1)	3.1 mg	Kalsium	203 mg
Riboflavin (vit B2)	4.8 mg	Fosfor	989 mg
Piridoksin (vit B6)	1.7 mg	Iodium	600 mg
vit B12	125.9 mcg	Magnesium	315 mg
vit C	12.4 mg	Besi	167 mg
vit E	<1 IU	Seng	71 mg
Niasin	23.8 mg	Tembaga	0.08 mg
Asam pantotenat	1.3 mg		

Asam amino (dinyatakan dalam berat/berat %)

Lysin	3.46	Sistin	0.38
Histidin	1.29	Valin	3.64
Arginin	3.64	Metionin	1.45
Asam aspartik	5.2	Isoleusin	2.63
Treonin	2.7	Leusin	5.26
Serin	2.78	Tirosin	2.09
Asam glutamat	6.29	Penilalanin	3.08
Prolin	2.93	Ornitin	0.06
Glisin	3.4	Triptofan	0.59
Alanin	4.8		



Komposisi kimia alga dalam zat kering (%) menurut Becker (1994) dalam Thomas (2007), antara lain :

Komposisi Kimia	Protein	Karbohidrat	Lemak	Nucleic Acid
<i>Scenedesmus obliquus</i>	50-56	10-17	12-14	3-6
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	47	-	1.9	-
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	8-18	21-52	16-40	-
<i>Chlamydomonas rheinhardtii</i>	48	17	21	-
<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	12-17	14-22	4-5
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57	26	2	-
<i>Spirogyra sp.</i>	6-20	33-64	11-21	-
<i>Dunaliella bioculata</i>	49	4	8	-
<i>Dunaliella salina</i>	57	32	6	-
<i>Euglena gracilis</i>	39-61	14-18	14-20	-
<i>Prymnesium parvum</i>	28-45	25-33	22-38	1-2
<i>Tetraselmis maculata</i>	52	15	3	-
<i>Porphyridium cruentum</i>	28-39	40-57	9-14	-
<i>Spirulina platensis</i>	46-63	8-14	4-9	2-5
<i>Spirulina maxima</i>	60-71	13-16	6-7	3-4.5
<i>Synechococcus sp.</i>	63	15	11	5
<i>Anabaena cylindrica</i>	43-56	25-30	4-7	-

Lampiran 2

Menurut <http://art-1.htm> (2008), komposisi *Chlorella* sp meliputi :

- Komposisi umum *chlorella*

Kelembaban	3,6%	Serat	0,2%	
Protein	60,5%	Abu	4,6%	
Lemak	11,0%	Kalori	421 Kkal/100 g	
Karbohidrat	20,1%			

- Komposisi

Lisin

asam amino *chlorella*

3,1%

Treonin

2,4%

Methionin

1,3%

Isoleusin

2,3%

Phenilalanin

2,8%

Triptofan

0,5

Valin

3,2%

Leusin

4,7%

- Selain itu, *chlorella* juga masih mengandung asam amino lainnya:

Arginin

31,3%

Prolin

2,5%

Aianin

4,3%

Asam gluamat

5,8%

Glisin

3,1%

Serin	2,0%
Histidin	1,1%
Asam Aspartat	0,5%

Lain-lainnya 11,Kandungan Vitamin (mg/100 mg) :

Vitamin A aktif	51300 IU	Biotin	0,2
Vitamin E	1,5	Vitamin B12	0,13
Vitamin Bl	1,7	Inositol	132
Niasin	23,8	Vitamin C	10,4
Vitamin B2	4,3	Asam folat	0,09
Asam pantotenat	1,1		
Vitamin B6	1,4		

- Kandungan Mineral (mg/100 mg) :

Kalsium	221
Seng	71
Magnesium	315
Fosfor	895
Zat besi Yodim	130

Kadar protein dan kadar lemak pada beberapa spesies plankton dengan unsure nitrogen yang berbeda-beda, yaitu :

	N-source	0,0003%	0,001%	0,003%	0,01%	0,03%	0,1%
A. Total protein (% of dry weight)							
<i>Chlorella vulgaris</i>	NH ₄ Cl	7,79	11,1	19,9	28,9	31,2	-
<i>Scenedesmus obliquus</i>	NH ₄ Cl	9,36	9,43	22	33,2	34,4	-
<i>Chlorella vulgaris</i>	KNO ₃	12,6	6,75	14,5	30,7	31,1	32,2
<i>Scenedesmus obliquus</i>	KNO ₃	8,19	9	8,81	34	32,1	32,9
<i>Anacystis nidulans</i>	KNO ₃	21,2	18,3	33,4	33,9	39,7	46,3
<i>Microcystis aeruginosa</i>	KNO ₃	28,1	27,6	23,5	24,9	46,5	50,1
<i>Oscillatoria rubescens</i>	KNO ₃	*	*	28	35,6	53,8	48,6
<i>Spirulina platensis</i>	KNO ₃	*	25,8	26,6	33,4	52,1	47,4
B. Total lipids (% of dry weight)							
<i>Chlorella vulgaris</i>	NH ₄ Cl	52,8	41,8	20,2	14,1	11,8	-
<i>Scenedesmus obliquus</i>	NH ₄ Cl	34,6	33,1	21,7	23	22,4	-
<i>Chlorella vulgaris</i>	KNO ₃	57,9	62,9	42,7	22	21,8	22,6
<i>Scenedesmus obliquus</i>	KNO ₃	45,6	44,3	50,1	26,9	29,8	21,2
<i>Anacystis nidulans</i>	KNO ₃	14,3	12,7	13,6	12	15,4	14,8
<i>Microcystis aeruginosa</i>	KNO ₃	17,7	13,7	13,7	13,8	18,2	23,4
<i>Oscillatoria rubescens</i>	KNO ₃	*	*	12,7	12	11,3	12,8
<i>Spirulina platensis</i>	KNO ₃	*	11,2	9,1	12,6	15,5	21,8

Note :

* the alga could not be grown at this nitrate concentration.

Source After Piorrek et al., 1984

Lampiran 3**Data Pengamatan Kelimpahan Chlorella sp (x 10⁴) Pada Media Kultur**

Media	Ulangan	Hasil Pengamatan Kelimpahan Chlorella sp (x 10 ⁴)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	100	367	1087	1514	1729	1898	1544	1242
	2	100	403	1048	1386	1635	1934	1425	1185
	3	100	423	1026	1445	1756	1823	1589	1331
Total		300	1199	3161	4345	5120	5655	4558	3759
Rerata		100	339.67	1053.67	1448.33	1706.67	1885	1519.33	1252.67
B	1	100	438	1175	1527	1724	1909	2082	1536
	2	100	382	1101	1475	1698	1887	2014	1488
	3	100	534	1066	1555	1712	1926	2164	1448
Total		300	1354	3342	4557	5134	5722	6260	4472
Rerata		100	451.33	1114	1519	1711.33	1907.33	2086.67	1490.67
C	1	100	480	1142	1503	1798	1888	2159	1328
	2	100	445	1054	1486	1756	1989	2097	1406
	3	100	369	1116	1590	1775	1957	2185	1549
Total		300	1294	3312	4579	5329	5834	6441	4283
Rerata		100	431.33	1104	1526.33	1776.33	1944.67	2147	1427.67
D	1	100	495	1139	1529	1761	1974	2292	1567
	2	100	444	1217	1611	1844	2113	2316	1606
	3	100	437	1318	1665	1816	2138	2263	1679
Total		300	1376	3674	4805	5421	6225	6871	4852
Rerata		100	458.667	1224.67	1601.67	1807	2075	2290.33	1617.33

Kelimpahan *Chlorella sp* ($\times 10^4$)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	StdDev
	1	2	3			
A	1062.6	1021.4	1053.2	3137.2	1045.73	21.591
B	1191.8	1157.4	1185.8	3353	1178.33	18.375
C	1181.7	1197.6	1216.3	3595.6	1198.53	17.319
D	1251.5	1280.7	1306.9	3839.1	1279.7	27.714

Tabel ANOVA

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	Uji F	
					F 5%	F 1%
Perlakuan	3	84706.7025	28235.5675	60.338**	4,07	7,59
Galat	8	3743.62	467.9525			
Total	11					

$$\text{SED} = 17.66262532$$

$$\begin{aligned}\text{BNT 5\%} &= t_{\text{tabel}} 5\% (\text{dbgalat}) \times \text{SED} \\ &= 39.35232922\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{BNT 1\%} &= t_{\text{tabel}} 1\% (\text{dbgalat}) \times \text{SED} \\ &= 55.97285965\end{aligned}$$

Tabel BNT

Rata-rata Perlakuan	A	D	B	C	Notasi
A (1045.73)					a
B (1178.33)	132.6 **				b
C (1198.53)	153 **	20.2 ns			b
D (1279.7)	233.967 **	101.367 **	81.167 **	-	c

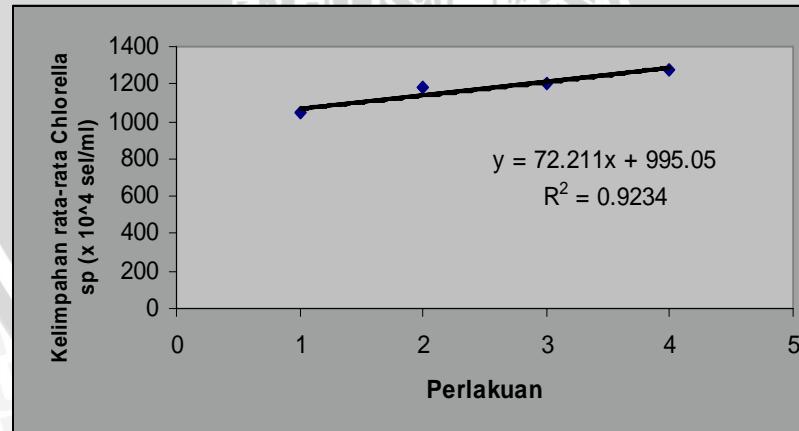
Analisa Regresi

Tabel orthogonal polinomial

Respon	Perlakuan dan totalnya				
	A	B	C	D	
	90,55	95,11	97,94	100,28	
	Koefisien orthogonal polinomial (b_j)				$\sum b_j$
Linier	-3	-1	1	3	20
Kuadratik	1	-1	-1	1	4
Kubik	-1	3	-3	1	20
	$(b_j T_j)$				$\sum b_j T_j$
Linier	-271,65	-95,11	97,94	300,84	32,02
Kuadratik	90,55	-95,11	-97,94	100,28	-2,22
Kubik	-90,55	285,33	-293,82	100,28	1,24

Tabel ANOVA orthogonal polinomial

SK	db	JK	KT	F hit	F 0,05	F 0,01
Perlakuan	3					
Linier	1	34411.36017	34411.36017	73.53601**		
Kuadratik	1	48450.52083	48450.52083	103.53726**	5,32	11,26
Kubik	1	1844.8215	1844.8215	3.942326ns		
Galat	8	3743.62	467.9525			
Total	11	17,625				



Grafik Persamaan Regresi Perlakuan Variasi Konsentrasi Nitrogen Dengan Kelimpahan *Chlorella* sp. Dimana 1 = perlakuan A dengan konsentrasi nitrogen 0,4 ppm. 2 = perlakuan B dengan konsentrasi nitrogen 0,6 ppm. 3 = perlakuan C dengan konsentrasi nitrogen 0,8 ppm. 4 = perlakuan D dengan konsentrasi nitrogen 1,0 ppm.

Lampiran 4

Kadar Protein (%) Pada *Chlorella sp*

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar Deviasi
	1	2	3			
A	30,17	30,17	30,21	90,55	30,18	0,023094
B	31,67	31,77	31,67	95,11	31,7	0,057735
C	32,63	32,68	32,63	97,94	32,65	0,028868
D	33,55	33,18	33,55	100,28	33,43	0,21362
Total				383,88	127,96	

(*)Kadar Protein (%) Pada *Chlorella sp* Dengan Mengabaikan Kadar Air, Abu Dan Serat.

$$H_0 : \tau_A = \tau_B = \tau_C = \tau_D$$

$$H_1 : \text{paling sedikit terdapat sepasang nilai } \tau_i \text{ yang berbeda}$$

$$\alpha = 0,05$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi (FK)} &= \frac{383.88^2}{12} \\ &= 12280,3212 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= (30,17)^2 + (31,67)^2 + (32,63)^2 + \dots + (33,55)^2 - FK \\ &= 12297,95 - 12280,3212 \\ &= 17,625 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(90,55)^2 + (95,11)^2 + (97,94)^2 + (100,28)^2}{3} - FK \\ &= 12297,85 - 12280,3212 \\ &= 17,52433 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Galat} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 17,625 - 17,52433 \\ &= 0,100667 \end{aligned}$$

Tabel ANOVA

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	Uji F	
					F 5%	F 1%
Perlakuan	3	8470,7025	28235,5675	60,338**	4,07	7,59
Galat	8	3743,62	467,9525			
Total	11					

$$\begin{aligned} \text{SED} &= \sqrt{\frac{\text{KTG}}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{21,001253}{3}} \\ &= 0,091591 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BNT 5\%} &= t_{\text{tabel 5\%}} (\text{dbgalat}) \times \text{SED} \\ &= t_{0,025} (8) \times 0,091591 \end{aligned}$$

$$= 2.306 \times 0,091591 \\ = 0,211209$$

BNT 1%

$$= t_{tabel\ 1\%} (dbgalat) \times SED \\ = t_{0,005} (8) \times 0,091591 \\ = 3,355 \times 0,091591 \\ = 0,307287$$

Tabel BNT

Rata-rata Perlakuan	A	B	C	D	Notasi
A (30,18)	-				a
B (31,7)	1,52**	-			b
C (32,65)	2,47**	0,95**	-		c
D (33,43)	3,25**	1,73**	0,78**	-	d

Analisa Regresi

Tabel orthogonal polinomial

Respon	Perlakuan dan totalnya				
	A	B	C	D	
	90,55	95,11	97,94	100,28	
	Koefisien orthogonal polinomial (b_i)				
Linier	-3	-1	1	3	20
Kuadratik	1	-1	-1	1	4
Kubik	-1	3	-3	1	20
	$(b_i T_i)$				
Linier	-271,65	-95,11	97,94	300,84	32,02
Kuadratik	90,55	-95,11	-97,94	100,28	-2,22
Kubik	-90,55	285,33	-293,82	100,28	1,24

$$JK \text{ linier} = \frac{(32,02)^2}{(3 \times 20)} \\ = 17,08801$$

$$JK \text{ kuadratik} = \frac{(-2,22)^2}{(3 \times 4)} \\ = 0,4107$$

$$JK \text{ kubik} = \frac{(1,24)^2}{(3 \times 20)} \\ = 0,025627$$

Tabel ANOVA orthogonal polinomial

SK	db	JK	KT	F hit	F 0,05	F 0,01
Perlakuan	3	17,52433	5,841444	464,2208	3,06	4,89

Linier	1	17,08801	17,08801	1357,987**		
Kuadratik	1	0,4107	0,4107	32,63841**	5,32	11,26
Kubik	1	0,025627	0,025627	2,036556		
Galat	8	0,100667	0,012583			
Total	11	17,625				

Koefisien determinasi (R^2)

$$R^2 = \frac{R^2 \text{ Linier}}{R^2 \text{ total}} \\ = 0,9695$$

Persamaan Linier

$$Y = b_0 + b_1 X$$

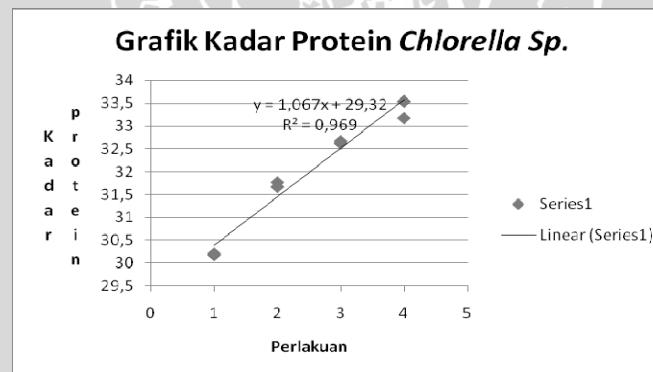
$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}(X'y)$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum x_i \\ \sum x_i & \sum x_i^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 & 30 \\ 30 & 90 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 383,88 \\ 975,71 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,5 & -0,16667 \\ -0,16667 & 0,06667 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 383,88 \\ 975,71 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 29,322 \\ 1,607 \end{bmatrix}$$



Grafik Persamaan Regresi Perlakuan Variasi Konsentrasi Nitrogen Dengan Kadar Protein Pada *Chlorella* sp. Dimana 1 = perlakuan A dengan konsentrasi nitrogen 0,4 ppm. 2 = perlakuan B dengan konsentrasi nitrogen 0,6 ppm. 3 = perlakuan C dengan konsentrasi nitrogen 0,8 ppm. 4 = perlakuan D dengan konsentrasi nitrogen 1,0 ppm.

Lampiran 5

Kadar Lemak (%) Pada *Chlorella* sp

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar Deviasi
	1	2	3			
A	14,77	14,68	14,65	44,1	14,7	0,06245
B	13,17	13,55	13,55	40,27	13,42	0,219393
C	12,63	12,68	12,63	37,04	12,65	0,028868
D	10,61	11,77	11,87	34,25	11,42	0,700381
Total				156,56	52,18667	

(*)Kadar Lemak (%) Pada *Chlorella* sp Dengan Mengabaikan Kadar Air, Abu Dan Serat.

$$H_0 : \tau_A = \tau_B = \tau_C = \tau_D$$

H_1 : paling sedikit terdapat sepasang nilai τ_i yang berbeda
 $\alpha = 0,05$

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{156,56^2}{12} = 2042,586$$

$$\text{JK Total} = (14,77)^2 + (13,17)^2 + (12,63)^2 + \dots + (11,87)^2 - FK \\ = 2060,75 - 2042,586 \\ = 18,16367$$

$$\text{JK Perlakuan} = \frac{(44,11)^2 + (40,27)^2 + (37,04)^2 + (34,25)^2}{8} - FK \\ = 2059,663 - 2042,586 \\ = 17,07687$$

$$\text{JK Galat} = \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ = 18,16367 - 17,07687 \\ = 1,0868$$

Tabel ANOVA

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	Uji F	
					F 5%	F 1%
Perlakuan	3	17,07687	5,692289	41,90128**	4,07	7,59
Galat	8	1,0868	0,13585			
Total	11	18,16367				

$$\text{SED} = \sqrt{\frac{2 \times \text{KTG}}{3}} \\ = \sqrt{\frac{2 \times 0,13585}{3}} \\ = 0,300943$$

$$\text{BNT 5\%} = t_{tabel\ 5\%} (\text{dbgalat}) \times \text{SED}$$

$$\begin{aligned}
 &= t_{0,025} (8) \times 0,300943 \\
 &= 2,306 \times 0,300943 \\
 &= 0,693974
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BNT } 1\% &= t_{\text{tabel }} 1\% (\text{dbgalat}) \times \text{SED} \\
 &= t_{0,005} (8) \times 0,300943 \\
 &= 3,355 \times 0,300943 \\
 &= 1,009664
 \end{aligned}$$

Tabel BNT

Rata-rata Perlakuan	D	C	B	A	Notasi
D (11,41667)	-				a
C (12,64667)	1,23 **	-			b
B (13,42333)	2,006667 **	0,776667 **	-		c
A (14,7)	3,28333 **	2,05333 **	1,276667 **	-	d

Analisa Regresi

Tabel orthogonal polinomial

Respon	Perlakuan dan totalnya				$\sum_i b_i$
	A	B	C	D	
	44,1	40,27	37,04	34,25	
	Koefisien orthogonal polinomial (b_i)				
Linier	-3	-1	1	3	20
Kuadratik	1	-1	-1	1	4
Kubik	-1	3	-3	1	20
	$(b_i T_i)$				
Linier	-132,3	-40,27	37,94	102,75	-31,88
Kuadratik	44,1	-40,27	-37,94	34,25	0,14
Kubik	-44,1	120,81	-113,82	34,25	-2,86

$$\text{JK linier} = \frac{(-21,88)^2}{(3 \times 20)} = 16,93891$$

$$\text{JK kuadratik} = \frac{(0,14)^2}{(3 \times 4)} = 0,001633$$

$$\text{JK kubik} = \frac{(-2,86)^2}{(3 \times 20)} = 0,136327$$

Tabel ANOVA orthogonal polinomial

SK	db	JK	KT	F hit	F 0,05	F 0,01

Perlakuan	3	17,07687	5,692289	41,90128	3,06	4,89
Linier	1	16,93891	16,93891	124,6883**		
Kuadratik	1	0,001633	0,001633	0,012023	5,32	11,26
Kubik	1	0,136327	0,136327	1,003509		
Galat	8	1,0868	0,13585			
Total	11	18,16367				

Koefisien determinasi (R^2)

$$R^2 = \frac{R^2 \text{ Linier}}{R^2 \text{ total}} \\ = 0,932571$$

Persamaan Linier

$$Y = b_0 + b_1 X$$

$$\beta = (x'x)^{-1}(x'y)$$

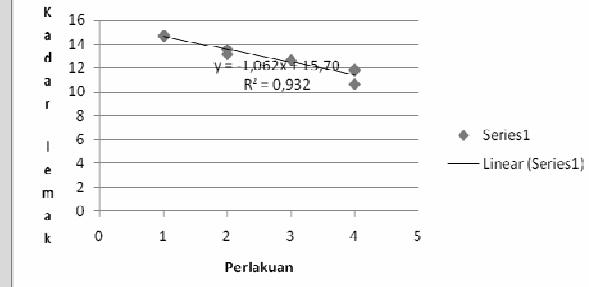
$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum x_i \\ \sum x_i & \sum x_i^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 & 30 \\ 30 & 90 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 156,56 \\ 375,46 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,5 & -0,16667 \\ -0,16667 & 0,06667 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 156,56 \\ 375,46 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15,70333 \\ -1,06267 \end{bmatrix}$$

Grafik Kadar lemak *Chlorella Sp.*



Grafik Persamaan Regresi Perlakuan Variasi Konsentrasi Nitrogen Dengan Kadar Lemak Pada *Chlorella sp.* Dimana 1 = perlakuan A (0,4ppm) 2 = perlakuan B (0,6ppm) 3 = perlakuan C (0,8ppm) 4 = perlakuan D (1,0 ppm)

Lampiran 6**Kandungan Nitrat Pada Media Kultur *Chlorella sp***

Perlakuan	Pengamatan hari ke-n	Ulangan			Total	Rata- rata	Standar Deviasi
		1	2	3			
A	1	0,882	0,943	0,866	2,691	0,7872	0,131772
	4	0,882	0,943	0,866	2,691		
	7	0,601	0,624	0,586	1,811		
	10	0,799	0,765	0,689	2,253		
Total		3,164	3,275	3,007	9,446		
B	1	1.498	1.420	1.445	4.363	1,2799	0,190903
	4	1.498	1.420	1.445	4.363		
	7	1.108	0.966	1.086	2.195		
	10	1.142	1.189	1.142	3.473		
Total		5,246	4,995	5,118	15,359		
C	1	1.672	1.788	1.827	5.287	1,6376	0,168093
	4	1.672	1.788	1.827	5.287		
	7	1.334	1.397	1.614	4.345		
	10	1.473	1.547	1.712	4.732		
Total		6,151	6,52	6,98	19,651		
D	1	2.477	2.316	2.456	7.249	2,2963	0,148206
	4	2.477	2.316	2.456	7.249		
	7	2.176	2.016	2.172	6.364		
	10	2.240	2.187	2.266	6.693		
Total		9,37	8,835	9,35	27,555		
Total					72,011		

$$H_0 : \tau_A = \tau_B = \tau_C = \tau_D$$

$$H_1 : \text{paling sedikit terdapat sepasang nilai } \tau_i \text{ yang berbeda}$$

$$\alpha = 0.05$$

$$FK = \frac{(72,011)^2}{48}$$

$$= 108,033$$

$$JKT = (0,882)^2 + (0,882)^2 + \dots + (2,266)^2 - FK$$

$$= 123,6194 - 108,033$$

$$= 15,65844$$

$$JKP = \frac{(9,446)^2 + (15,359)^2 + (19,651)^2 + (27,555)^2}{12} - FK$$

$$= 122,5471 - 108,033$$

$$= 14,51413$$

JKG percobaan

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(3,164)^2 + (5,246)^2 + \dots + (9,35)^2}{4} - FK - JKP \\
 &= 122,6963 - 108,033 - 14,51413 \\
 &= 0,14918
 \end{aligned}$$

JKG contoh = JKT - JKP - JKG percobaan
= 0,99512575**Tabel ANOVA**

SK	db	JK	KT	Fhit	F 0,05	F 0,01
Perlakuan	3	14,51413	4,838044	259,4473	4,07	7,59
G. Percobaan	8	0,14918	0,018648			
G. Contoh	36	0,995126	0,027642	1,482364	2,21	3,04
Total	47	15,65844				

SED

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{2 \times TG}{n}} \\
 &= \sqrt{\frac{2(0,018648)}{8}} \\
 &= 0,01243
 \end{aligned}$$

BNT 5%

$$\begin{aligned}
 &= t_{tabel\ 5\%} (\text{dbgalat}) \times SED \\
 &= t_{0,025} (8) \times 0,01243 \\
 &= 2,306 \times 0,01243 \\
 &= 0,02867
 \end{aligned}$$

BNT 1%

$$\begin{aligned}
 &= t_{tabel\ 1\%} (\text{dbgalat}) \times SED \\
 &= t_{0,005} (8) \times 0,01243 \\
 &= 3,355 \times 0,01243 \\
 &= 0,04171
 \end{aligned}$$

Tabel BNT

Rata-rata Perlakuan	A	B	C	D	Notasi
A (0,7872)	-				a
B (1,2799)	0,49275**	-			b
C (1,6376)	0,85042**	0,35767**	-		c
D (2,2963)	1,50908**	1,01633**	0,65867**	-	d

Analisa Regresi

Tabel orthogonal polinomial

Respon	Perlakuan dan totalnya				
	A	B	C	D	
	9,446	15,359	19,651	27,555	
	Koefisien orthogonal polinomial (b_i)				$\sum b_i$
Linier	-3	-1	1	3	20
Kuadratik	1	-1	-1	1	4
Kubik	-1	3	-3	1	20
	$(b_i T_i)$				$\sum b_i T_i$
Linier	-28,338	-15,359	19,651	82,665	58,619
Kuadratik	9,446	-15,359	-19,651	27,555	1,991
Kubik	-9,446	46,077	-58,953	27,555	5,233

$$JK \text{ linier} = \frac{(58,619)^2}{(3 \times 4 \times 20)} = 14,31745$$

$$JK \text{ kuadratik} = \frac{(1,991)^2}{(3 \times 4 \times 4)} = 0,082585$$

$$JK \text{ kubik} = \frac{(5,233)^2}{(3 \times 4 \times 20)} = 0,114101$$

Tabel ANOVA orthogonal polinomial

SK	db	JK	KT	F hit	F 0,05	F 0,01
Perlakuan	3	14,51413	4,838044	259,4473	4,07	7,59
Linier	1	14,31745	14,31745	767,7944 ^{**}		
Kuadratik	1	0,082585	0,082585	4,428745	5,32	11,26
Kubik	1	0,114101	0,114101	6,118847*		
G. Percob	8	0,14918	0,018648			
G. Cnth	36	0,995126	0,027642	1,482364	2,21	3,04
Total	47	15,65844				

Koefisien determinasi (R^2)

$$R^2 = \frac{JK \text{ Linier}}{JK \text{ total}} = 0,91436$$

Persamaan Linier

$$Y = b_0 + b_1 X$$

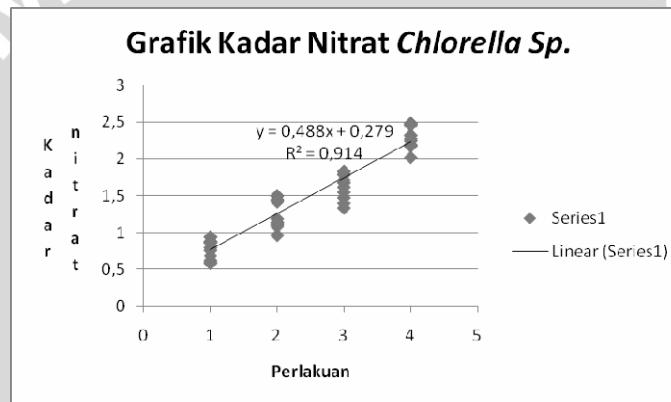
$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}(X'y)$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \Sigma x_i \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Sigma y_i \\ \Sigma x_i y_i \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 48 & 120 \\ 120 & 360 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 72,011 \\ 209,377 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,125 & -0,04167 \\ -0,04167 & 0,016667 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 72,011 \\ 209,377 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,279 \\ 0,488492 \end{bmatrix}$$



Grafik Persamaan Regresi Perlakuan Variasi Konsentrasi Nitrogen Dengan Kandungan Nitrat Pada Media Kultur *Chlorella* sp. Dimana 1 = perlakuan A dengan konsentrasi nitrogen 0,4 ppm. 2 = perlakuan B dengan konsentrasi nitrogen 0,6 ppm. 3 = perlakuan C dengan konsentrasi nitrogen 0,8 ppm. 4 = perlakuan D dengan konsentrasi nitrogen 1,0 ppm.

Lampiran 7**Daftar Hasil Pengamatan Suhu (°C) Selama Penelitian**

Medium	Ulangan	Pengamatan Suhu Media Kultur <i>Chlorella sp</i>									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	28	27,5	27	28	27,5	27,5	28	27,5	27	28
	2	28,5	28,5	27,5	28,5	27,5	28	28,5	27	27,5	27,5
	3	28	28	28	28	28	28	28	27	27,5	28
Total		84,5	84	82,5	84,5	83	83,5	84,5	81,5	82	83,5
Rata-rata		28,17	28	27,5	28,17	27,67	27,83	28,17	27,17	27,33	27,83
B	1	28,5	27,5	27,5	28	27,5	27,5	28	27,5	27	28
	2	27,5	28	27,5	28,5	28	28,5	28,5	27,5	27,5	28
	3	28,5	28	28	28	28	28	28	27	27	27,5
Total		84,5	83,5	83	84,5	83,5	84	84,5	82	81,5	83,5
Rata-rata		28,17	27,83	27,67	28,17	27,83	28	28,17	27,33	27,17	27,83
C	1	28	27,5	27	28	27,5	27,5	28,5	27,5	27	27,5
	2	28	27	27,5	28,5	27,5	28	28,5	27	27,5	28,5
	3	27	27,5	28	28	28	28	28	27	27,5	28
Total		83	81,5	82,5	84,5	81,5	83,5	85	81,5	81,5	84
Rata-rata		27,67	27,17	27,5	28,17	27,17	27,83	28,33	27,17	27,17	28
D	1	28	27,5	27	28	27,5	28,5	28	27	27	28
	2	28,5	28,5	27,5	28,5	27,5	28	28,5	27,5	27,5	28,5
	3	28,5	28	28	28	28	28	28	27	27	28
Total		85	84	82,5	84,5	83	83,5	84,5	81,5	81,5	84,5
Rata-rata		28,33	28	27,5	28,17	27,67	27,83	28,17	27,17	27,17	28,17

Lampiran 8**Daftar Hasil Pengamatan pH Selama Penelitian**

Medium	Ulangan	Pengamatan pH Media Kultur <i>Chlorella sp</i>									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	8,79	8,84	8,91	8,96	9	9,08	9,12	9,01	8,99	8,73
	2	8,6	8,98	9,02	9,03	9,08	9	9,2	8,97	8,71	8,43
	3	8,76	8,76	8,89	9	9,11	9,15	9,08	8,86	8,73	8,6
Total		26,15	26,58	26,82	26,99	27,19	27,23	27,4	26,84	26,43	25,8
Rata-rata		8,72	8,86	8,94	9	9,06	9,08	9,13	8,95	8,81	8,6
B	1	8,71	8,73	8,78	8,96	9,01	9,09	9,14	9,1	9,08	8,7
	2	8,62	8,68	8,76	8,84	9,12	9,14	9,16	9,12	9,09	8,8
	3	8,78	8,8	8,88	8,96	9	9	9,13	9,14	9,12	9,0
Total		26,11	26,21	26,42	26,76	27,13	27,23	27,43	27,36	27,29	26,7
Rata-rata		8,7	8,74	8,81	8,92	9,04	9,08	9,14	9,12	9,1	8,9
C	1	8,67	8,67	8,88	9,15	9,18	9,18	9,1	8,98	8,7	8,7
	2	8,82	8,89	8,89	8,98	9,09	9,1	9,16	9	9,07	8,8
	3	8,83	8,82	8,9	8,98	9,02	9,08	9,16	8,98	8,98	8,8
Total		26,32	26,38	26,67	27,11	27,29	27,36	27,42	26,96	26,75	26,3
Rata-rata		8,77	8,79	8,89	9,04	9,1	9,12	9,14	8,99	8,92	8,7
D	1	8,81	8,98	9,01	9,08	9,1	9,14	9,14	8,96	8,85	8,8
	2	8,75	8,76	8,8	9,01	9,01	9,12	9,14	9,1	8,92	8,7
	3	8,82	8,88	9,02	9,06	9,06	9,1	9,13	9,01	8,82	8,8
Total		26,38	26,62	26,83	27,15	27,17	27,36	27,41	27,07	26,59	26,4
Rata-rata		8,79	8,87	8,94	9,05	9,06	9,12	9,14	9,02	8,86	8,8

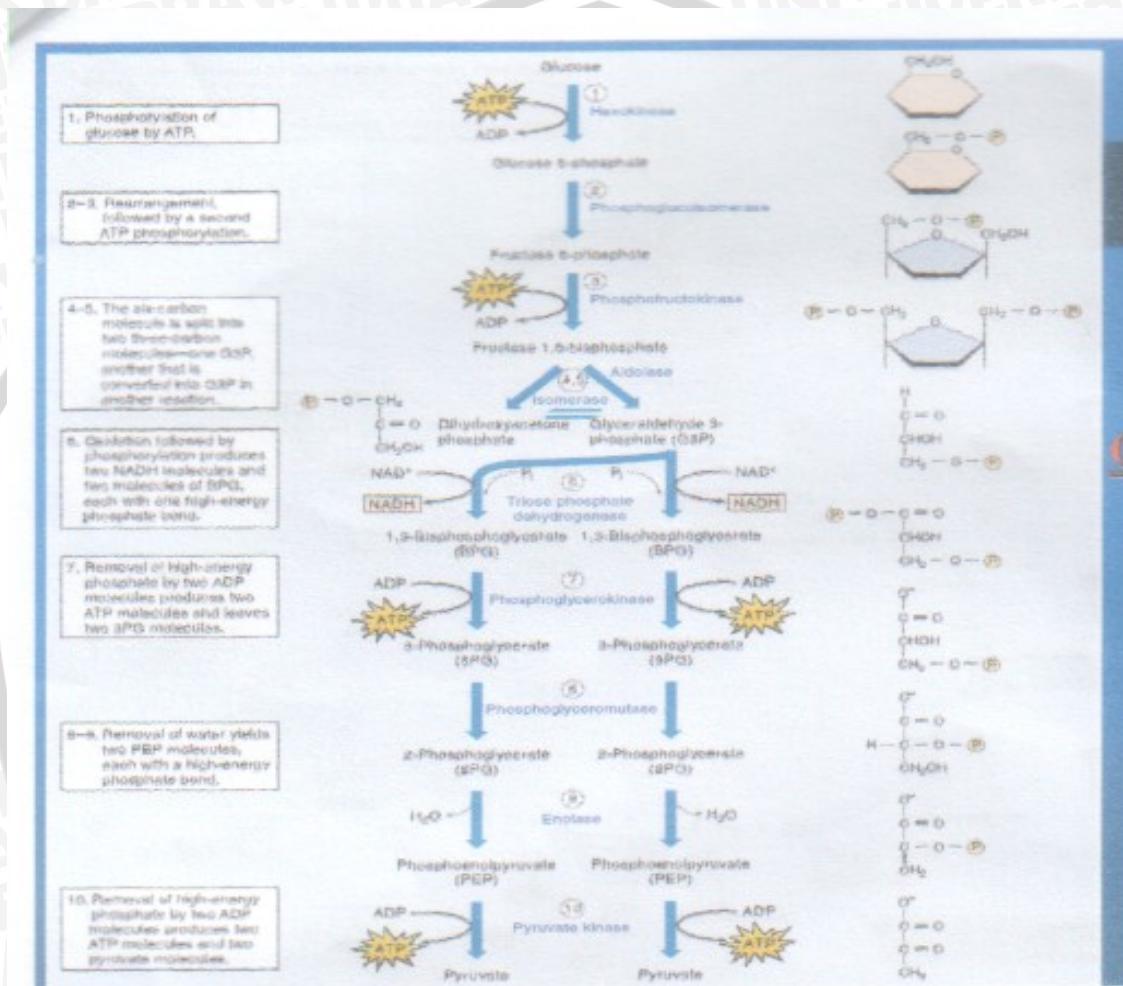
Lampiran 9**Daftar Hasil Pengamatan Salinitas (ppt) Selama Penelitian**

Medium	Ulangan	Pengamatan Salinitas Media Kultur <i>Chlorella sp</i>									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	25	25	25	26	25	25	25	26	27	27
	2	25	26	26	25	25	25	25	25	26	26
	3	25	25	25	25	26	26	26	26	27	27
Total		75	76	76	76	76	76	76	77	80	80
Rata-rata		25	25,33	25,33	25,33	25,33	25,33	25,33	25,67	26,67	26,67
B	1	25	25	25	25	26	25	25	26	26	27
	2	25	25	25	25	27	27	26	26	27	27
	3	25	25	25	25	26	25	25	26	26	26
Total		75	75	75	75	79	77	76	78	79	80
Rata-rata		25	25	25	25	26,33	25,67	25,33	26	26,33	26,67
C	1	25	25	26	25	25	25	25	25	26	26
	2	25	25	26	25	25	26	26	26	25	27
	3	25	25	25	26	26	26	25	26	27	27
Total		75	75	77	76	76	77	76	77	78	80
Rata-rata		25	25	25,67	25,33	25,33	25,67	25,33	25,67	26	26,67
D	1	25	25	25	25	26	25	26	26	27	27
	2	25	25	25	25	25	25	25	26	26	26
	3	25	25	25	25	25	25	25	25	26	26
Total		75	75	75	75	76	75	76	77	79	79
Rata-rata		25	25	25	25	25,33	25	25,33	25,67	26,33	26,33

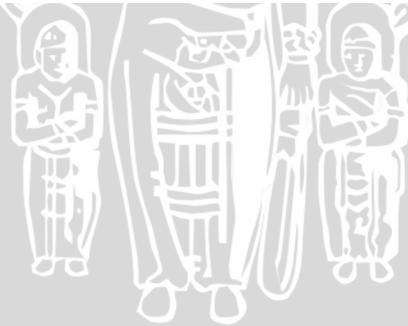
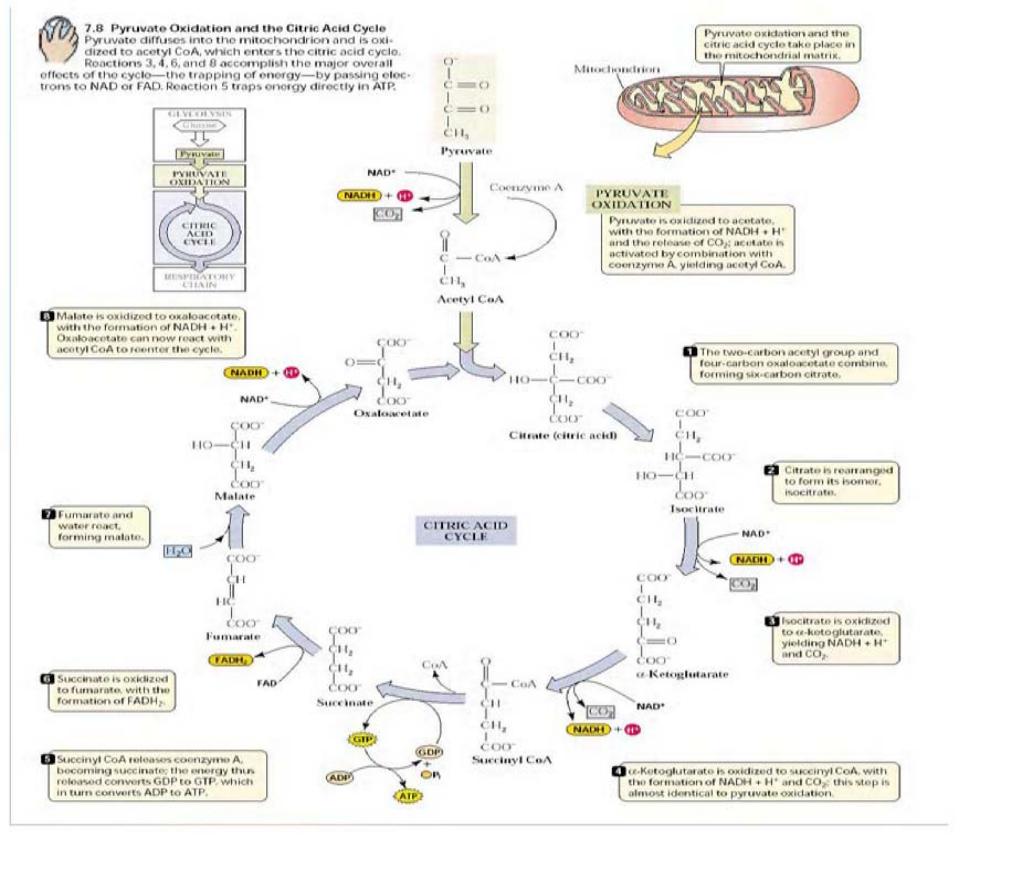
Lampiran 10

Daftar Hasil Pengamatan DO (mg/liter) Selama Penelitian

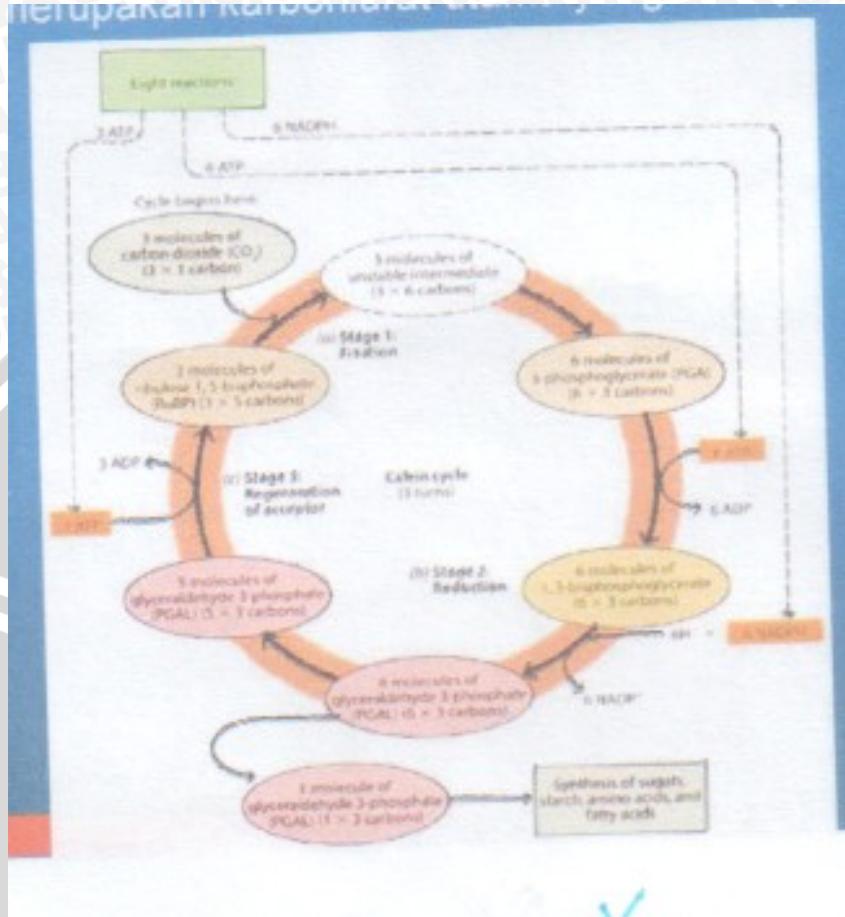
Medium	Ulangan	Pengamatan DO Media Kultur <i>Chlorella sp</i>									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	4,3	4,4	4,6	4,6	5	5,2	5,4	5,8	6,6	6,5
	2	4,3	4,4	4,6	4,8	5	5,3	5,6	5,8	6,2	6,2
	3	4,3	4,4	4,6	4,7	5	5,2	5,5	6,4	6,5	6,4
Total		12,9	13,2	13,8	14,1	15	15,7	16,5	18,4	19,3	19,1
Rata-rata		4,3	4,4	4,6	4,7	5	5,23	5,5	6,1	6,43	6,37
B	1	4,3	4,4	4,6	4,8	5	5,1	5,7	6,5	6,7	6,3
	2	4,3	4,4	4,5	4,7	5	5,4	6	5,9	6,3	6,3
	3	4,3	4,4	4,6	4,7	5	5,4	6	6	6,3	6,3
Total		12,9	13,2	13,7	14,2	15	15,9	17,7	18,4	19,3	18,9
Rata-rata		4,3	4,4	4,57	4,7	5	5,3	5,9	6,1	6,43	6,3
C	1	4,3	4,4	4,5	4,8	5,3	5,2	6,1	6,1	6,8	6,3
	2	4,3	4,4	4,6	4,7	5,1	5,7	6	6,1	6,5	6,3
	3	4,3	4,4	4,5	4,6	5	5,3	6	6	6,6	6,3
Total		12,9	13,2	13,6	14,1	15,4	16,2	18,1	18,2	19,9	18,9
Rata-rata		4,3	4,4	4,5	4,7	5,1	5,4	6,03	6,1	6,63	6,3
D	1	4,3	4,4	4,6	4,8	5,2	5,6	5,9	6	6,8	6,3
	2	4,3	4,4	4,6	4,7	5,2	5,6	5,9	6,2	7,4	6,3
	3	4,3	4,4	4,5	4,7	5,2	5,6	5,9	6	7,1	6,3
Total		12,9	13,2	13,7	14,2	15,6	16,8	17,7	18,2	21,3	18,9
Rata-rata		4,3	4,4	4,57	4,7	5,2	5,6	5,9	6,1	7,1	6,3

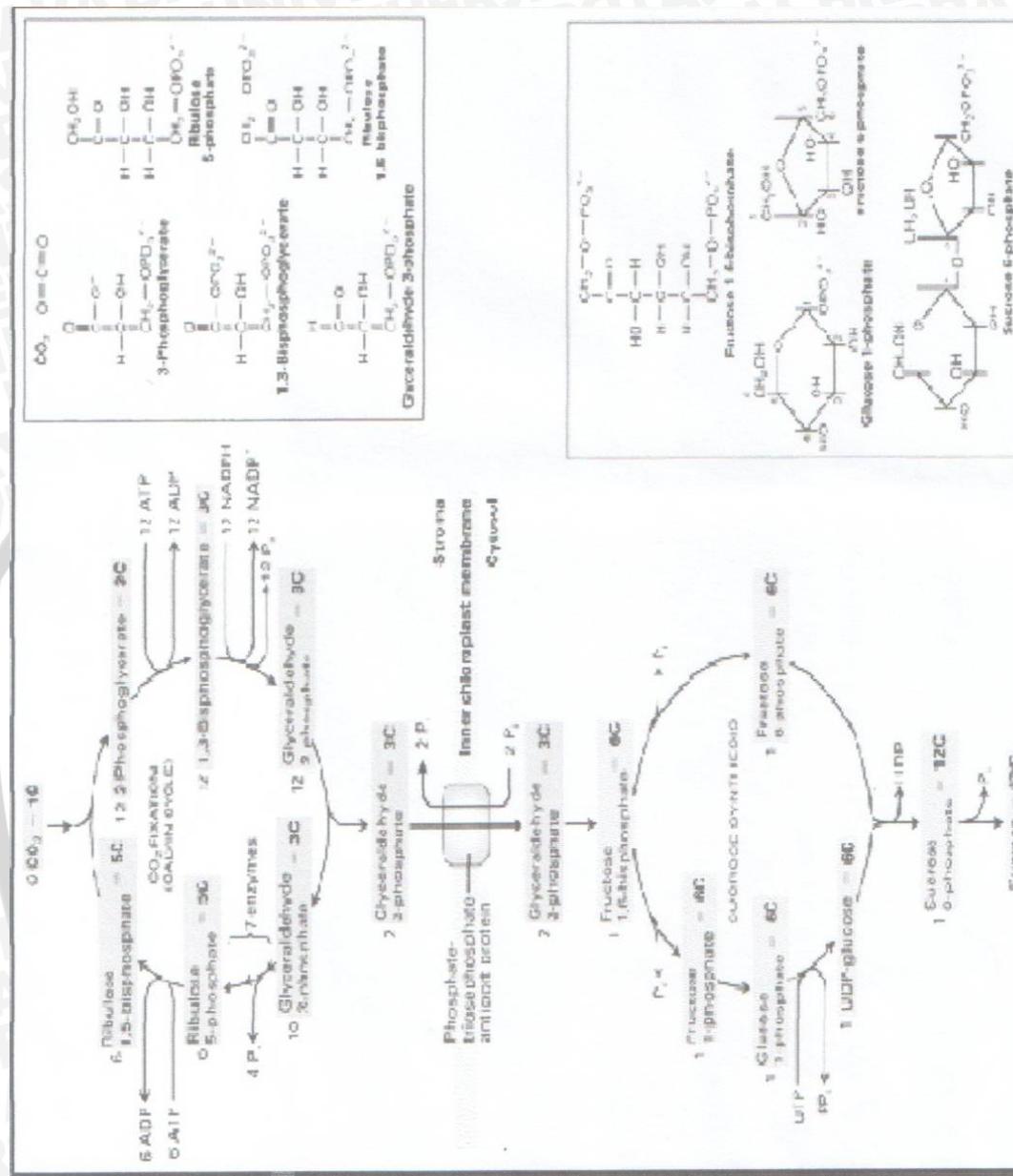
Lampiran 11**Proses Metabolisme****1. Katabolisme Glukosa (anaerob)**

2. Oksidasi Pyruvat Dan Citric Cycle

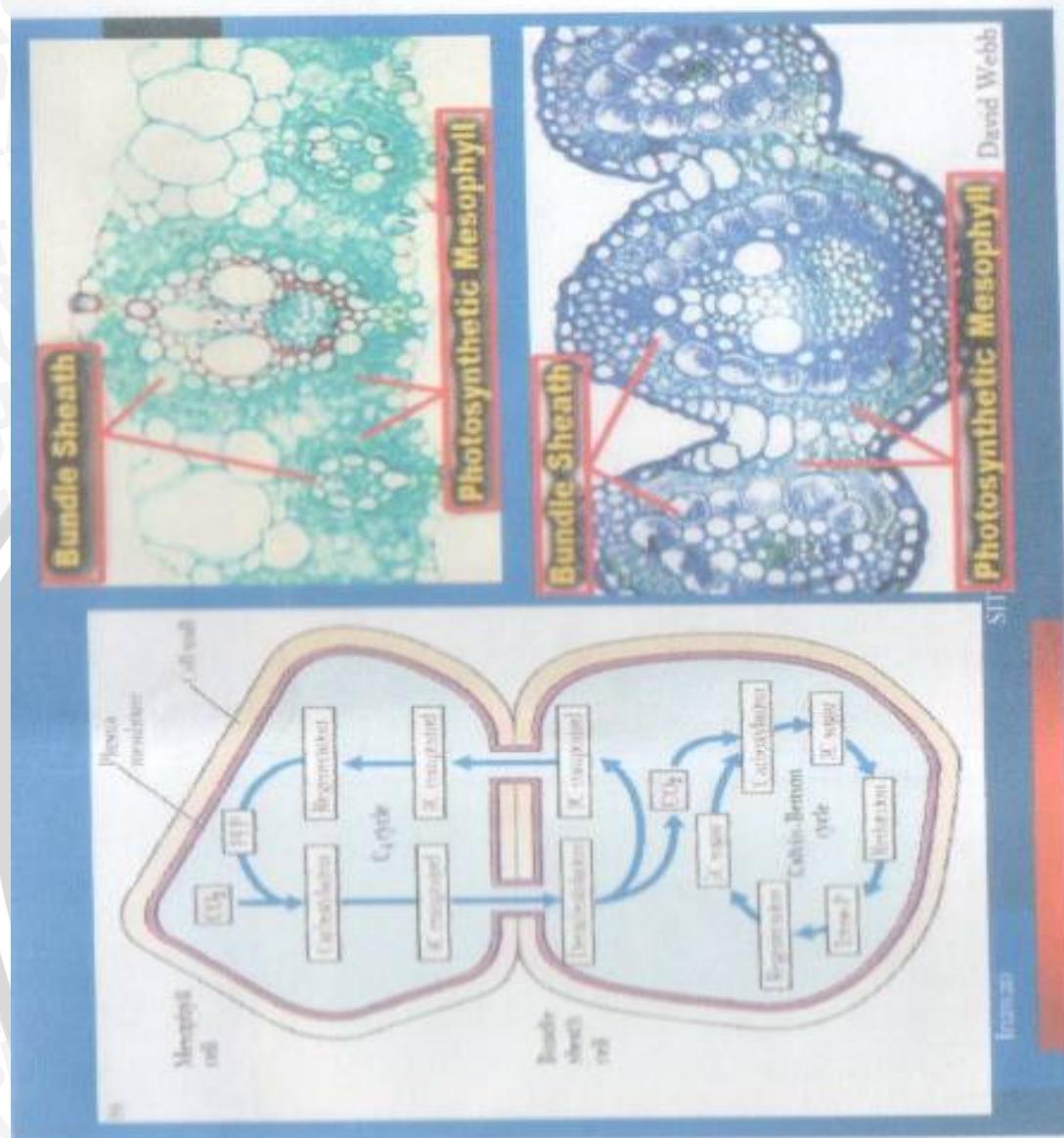


3. Proses Fiksasi Carbon





4. Variasi Dalam Fotosintesis



*) Fotosintesis Pada Tumbuhan C3

