

## PEMANFAATAN MEDIUM ARS-CHAT PADA PRODUKSI BIOMASSA FITOPLANKTON LAUT YANG POTENSIAL SEBAGAI BAHAN BAKU BIOFUEL JENIS BIOETANOL

Syahrudin Kasim<sup>1)</sup>, M. Sjahru<sup>2)</sup> dan Hanapi Usman<sup>3)</sup>  
Staf Pengajar Jurusan Kimia F.MIPA Universitas Hasanuddin  
e-mail : kasimsyahrudin@yahoo.co.id

### Abstrak

Tujuan utama yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah mengidentifikasi sejumlah fitoplankton laut untuk produksi biomassa dan penentuan kadar karbohidratnya. Fitoplankton laut dikulturkan dalam medium "Ars-chat". Dalam media kultur massal dilakukan isolasi dan identifikasi jenis fitoplankton laut berdasarkan ukuran besaran dan ciri-ciri tertentu. Juga dalam media dilakukan pengukuran terhadap suhu, salinitas dan pH larutan. Kepadatan fitoplankton terpilih, ditentukan berat biomasanya dengan metode gravimetri dan dilakukan analisis kandungan karbohidratnya dengan metode penentuan gula reduksi dengan cara Luff Schoorl. Hasil isolasi diperoleh tujuh jenis fitoplankton laut yaitu : *Chlorella sp.*, *Dunaliella sp.*, *Tetraselmis chuii*, *Spirulina sp.*, *Chaetoceros calcitrans*, *C. gracilis*, and *C. Isocrysis galbana*. Kandungan Biomassa tertinggi 0,39 g/L pada *Chlorella sp.* dan terendah 0,19 g/L pada *C. Isocrysis galbana*. Kadar karbohidrat juga bervariasi, yang tertinggi 32,97% dijumpai pada *Dunaliella sp.* dan terendah 6,17% pada *C.gracilis*.

**Kata Kunci :** Jenis fitoplankton laut, produksi biomassa, kadar karbohidrat, kultur fitoplankton, medium Ars-chat.

### 1. Pendahuluan

#### 1.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai suatu negara penghasil minyak, telah lama menggantungkan diri pada migas dimana struktur APBN negara kita ternyata penerimaan terbesar masih bergantung pada migas dan subsidi BBM. Namun dilain fihak, niknya harga minyak dunia mengakibatkan membengkaknya subsidi BBM. Kebijakan pengurangan subsidi BBM yang diterapkan pemerintah akhirnya berakibat pada meningkatnya biaya-biaya perekonomian masyarakat. Maka, harus ada upaya-upaya strategis untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi. Hal ini sudah cukup mendesak, mengingat cadangan minyak nasional hanya sampai 18 tahun lagi, sementara konsumsi dalam negeri terus meningkat.

Saat ini, kebijakan dunia akan pemenuhan minyak telah bergeser ke Bahan Bakar Nabati (BBN), meliputi biodiesel untuk mengganti solar dan bioetanol untuk mengganti bensin yang keduanya biasa disebut biofuel yang merupakan bahan bakar ramah lingkungan. Biodiesel dapat diperoleh dari minyak sawit, minyak jarak dan tanaman lain yang mengandung minyak. Penghasil bioetanol adalah bahan bergula (molases, aren, dan nira lain), bahan berpati (ubi kayu, jagung, sagu, dan ubi-ubian lain), dan bahan berserat.

Indonesia, 2/3 wilayahnya adalah lautan dan mempunyai garis pantai terpanjang di dunia yaitu  $\pm 80.791,42$  Km. Salah satu sumber bioetanol yang potensial adalah fitoplankton dengan kadar kardohidrat 29-31 %, setara dengan singkong (23 %). Fitoplankton juga dapat menjadi sumber biodisel oleh karena memiliki kadar lemak sekitar (21%). Untuk menghasilkan satu liter bioetanol berbahan dasar singkong diperlukan 6,5 kg, dengan bahan baku fitoplankton akan dihasilkan biopremium 100 kali lipat, karena pemanenan dapat dilakukan 7-10 hari sekali.

Biofuel dalam bentuk bioetanol, menjadi sumber harapan baru bagi Pemerintah untuk meningkatkan devisa, membuka lapangan kerja baru, membantu mengurangi angka kemiskinan, membantu mengurangi kerusakan hutan, kelangkaan pangan. Oleh karena itu pola pikir pencarian sumber biofuel harus diarahkan ke laut, sebab Indonesia mempunyai garis pantai terpanjang di dunia dan tumbuhan mikroskopis bersel tunggal yang berkoloni yaitu fitoplankton, ditemukan sekitar 35.000 spesies (Anonim, 2010). Habitatnya di atas permukaan air, di kolam perairan, atau menempel di dasar dan permukaan lain dalam perairan. Memanfaatkan fitoplankton untuk bahan baku bioetanol dan biodisel sangat ramah lingkungan, karena tidak menyebabkan polusi dan aplikatif.

Keuntungan lain fitoplankton mampu menyerap karbondioksida dan mengkonversikannya menjadi oksigen. Sebanyak 90% dari bobot kering fitoplankton menyerap karbondioksida sehingga mampu mengurangi gas itu sampai 1.000 ton/ha/tahun. Potensi lain bahan baku biofuel adalah algae yang selalu dianggap bahan pencemar dan mengotori perairan laut, juga memiliki potensi yang sangat besar sebagai sumber Bioetanol dan biodisel.

Penelitian sejak 2007 di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, membuktikan tumbuhan bersel satu itu mampu menghasilkan bioetanol 100 kali lipat dibanding singkong, karena pemanenan dapat dilakukan berkali-kali dengan masa kultivasi singkat (hanya sepekan), tak perlu lahan luas, pengolahan sederhana, dan ramah lingkungan. Dengan berbagai keistimewaan itu, algae salah satu komoditas potensial sebagai bahan baku biopremium. (Mujizat Kawaroe, 2008). Penelitian tahun 2009 di Fakultas MIPA UNHAS disampaikan beberapa jenis fitoplankton laut yang memiliki potensi sebagai sumber Biofuel jenis Bioetanol karena kandungan karbohidratnya cukup tinggi mencapai 31,99% (Syahrudin, dkk 2009).

## 2. Studi Pustaka

### 2.1. Biofuel

Biofuel adalah setiap bahan bakar baik padatan, cairan ataupun gas yang dihasilkan dari bahan-bahan organik. Biofuel dapat dihasilkan secara langsung dari tanaman atau secara tidak langsung dari limbah industri, komersial, domestik atau pertanian dan perairan. Ada beberapa cara pembuatan Biofuel diantaranya pembakaran limbah organik kering, fermentasi limbah basah tanpa oksigen menghasilkan biogas dan fermentasi menghasilkan etanol dan ester. Ada tiga strategi umum memproduksi Biofuel yaitu : Pertama menanam tanaman yang mengandung gula, kedua menanam berbagai tanaman yang kadar minyak nabatinya tinggi, ketiga mencari sumber bahan baku di sektor perairan laut yang terdapat secara alamiah yang dapat diperoleh dengan menggunakan sentuhan teknologi pengolahan.

Potensi pengembangan energi alternatif seperti bioetanol dan biodisel di Indonesia sangatlah besar, dimana kebutuhan bahan bakar minyak baik untuk kepentingan industri maupun individu memiliki kecenderungan terus mengalami

peningkatan. Selain itu, elastisitas permintaan energi seperti BBM ataupun listrik bersifat inelastis. Artinya kenaikan harga tidak banyak mempengaruhi penurunan permintaan. Hal ini terbukti, walaupun pemerintah selama tahun 2005 menaikkan harga BBM sebanyak 2 kali dengan kenaikan lebih dari 100%, permintaan akan bahan bakar tidak mengalami penurunan yang berarti.

Selain itu, kenaikan harga BBM selama tahun 2005 mampu menciptakan *level playing field* yang sepadan, sehingga harga jual Bioetanol dapat bersaing dengan BBM. Tanpa adanya *level playing field* yang sepadan mustahil Biofuel dapat berkembang di Indonesia. Perkembangan Biofuel diharapkan dapat menciptakan Sumber Bahan Bakar Nabati untuk mensubstitusi BBM, sehingga mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak, serta dapat menggerakkan perekonomian khususnya sektor pertanian; dan ke depan diharapkan Indonesia tidak lagi menjadi negara pengimpor bahan bakar minyak.

### 2.2. Bioetanol

Etanol dapat dibuat dengan fermentasi dari bahan yang mengandung gula seperti nira dan legen, yang mengandung pati (karbohidrat) seperti jagung, singkong dan dari bahan berserat seperti sulphite liquor. Etanol yang berbahan dasar tumbuhan biasa disebut bioetanol. Untuk pembuatan etanol dari bahan pati, sebelum proses fermentasi, diperlukan perlakuan proses sakarifikasi, yaitu secara kimia dengan menambahkan HCL atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, atau dapat diperlakukan secara biologi, yaitu dengan bantuan enzim amilolitik yang dihasilkan dari berbagai sumber, misalnya malt dan mikroorganisme. Dengan menggunakan enzim-enzim hidrolase, bahan yang mengandung pati, serat sukrosa, dan oligosakarida lainnya dapat dihidrolis menjadi gula sederhana yang siap difermentasikan.

Setelah USA dan Brazil, India adalah negara terbesar ketiga dalam memproduksi bioetanol. Pada tahun 1985 Brazil mengeluarkan program pencampuran 20% bioetanol dengan bensin untuk menghemat 40% konsumsi bensin. Negara ini telah memasarkan 1 juta mobil dengan bahan bakar 100% bioetanol. Kelebihan-kelebihan bioetanol dibandingkan bensin adalah : (a) bioetanol aman digunakan sebagai bahan bakar, titik nyala etanol tiga kali lebih tinggi dibandingkan bensin; dan (b) emisi hidokarbon lebih sedikit. Kekurangan-

kekurangan bioetanol dibandingkan bensin : (a) mesin dingin lebih sulit melakukan starter; dan (b) bioetanol bereaksi dengan logam seperti magnesium dan aluminium. Sebagai alternatif; digunakan campuran bioetanol dengan bensin. Sebelum dicampur, bioetanol harus dimurnikan hingga 100% (bioetanol absolut). Campuran ini dikenal dengan sebutan gasohol.

Bioetanol bersifat multi-guna karena dicampur dengan bensin pada komposisi berapapun memberikan dampak yang positif. Pencampuran bioetanol absolut sebanyak 10 % dengan bensin (90%), sering disebut Gasohol E-10. Gasohol singkatan dari gasoline (bensin) plus alkohol (bioetanol). Etanol absolut memiliki angka oktan (ON) 117, sedangkan Premium hanya 87-88. Gasohol E-10 secara proporsional memiliki ON 92 atau setara Pertamina. Pada komposisi ini bioetanol dikenal sebagai *octan enhancer* (aditif) yang paling ramah lingkungan dan di negara-negara maju telah menggeser penggunaan *Tetra Ethyl Lead* (TEL) yang mengandung logam berat

maupun *Methyl Tertiary Butyl Ether* (MTBE).

### 2.3. Fitoplankton

Organisme perairan berukuran renik yang melayang mengikuti pergerakan air dapat dikelompokkan sebagai plankton. Konsentrasi plankton pada permukaan air laut bervariasi dari 500 sel/mL sampai  $10^4$  sel/mL. Plankton memegang peranan penting dan kadang-kadang mendominasi siklus materi di lautan (Fenchel, 1988). Pada perairan laut terdapat tiga belas kelas fitoplankton (Tabel 1). Diatom dan dinoflagellata merupakan golongan besar dan tersebar luas di laut, baik perairan pantai maupun lautan.

Fitoplankton adalah komponen *autotrof*, yaitu organisme yang mampu menyediakan/mensintesis makanan sendiri, berupa bahan organik dari bahan anorganik dengan bantuan energi seperti matahari dan kimia. Komponen autotrof berfungsi

Tabel 1. Klasifikasi fitoplankton laut (Parson *et al*, 1984)

Taksonomi (kelas)	Nama umum	Area yang dominant
Cyanophyceae	Alga biru hijau	Tropik, cosmopolitan
Rhodophyceae	Alga merah	Jarang, Pantai
Bacillariophyceae	Diatom	Seluruh perairan laut, khususnya pantai
Cryptophyceae	Cryptomonad	Cosmopolitan, khususnya pantai
Dinophyceae	Dinoflagellata	Seluruh perairan laut, khususnya daerah tropis
Chrysophyceae	Cryomonad Silicoflagellata	Jarang, pantai Kadang-kadang melimpah
Haptophyceae	Coccolithopor Prymnesiomonad	Lautan (coccolit) Pantai (prymnesio)
Raphidophyceae	Chloromonad	Jarang, tetapi kadang-kadang melimpah, payau
Xanthophyceae	Alga kuning hijau	Jarang
Eustigmatophyceae	-	Jarang
Euglenophyceae	Euglenoid	Pantai
Prasinophyceae	Prasionomonad	Seluruh perairan laut
Chlorophyceae	Alga hijau Volvocales	Jarang, pantai

sebagai produsen. Nama fitoplankton diambil dari istilah Yunani, *phyton* atau "tanaman" dan ("planktos"), berarti "pengembara" atau "penghanyut" (Thurman, H. V., 1997). Sebagian besar fitoplankton berukuran terlalu kecil untuk dapat dilihat dengan mata telanjang, akan tetapi, ketika berada dalam jumlah yang besar, mereka dapat tampak sebagai warna hijau di air karena mereka mengandung klorofil dalam

sel-selnya (walaupun warna sebenarnya dapat bervariasi untuk setiap spesies fitoplankton karena kandungan klorofil yang berbeda-beda atau memiliki tambahan pigmen seperti *phycobiliprotein*). Fitoplankton biasanya berkumpul di zona *eufotik* yaitu zona dengan intensitas cahaya masih memungkinkan terjadinya proses fotosintesis (Arinardi dkk., 1997).

Tabel 2. Komposisi karbohidrat dan monosakarida hasil hidrolisa sel fitoplankton (Parson et al. 1984)

	% Karbohidrat	Gula dasar (% berat kering sel)				
		Glukosa	Galaktosa	Ribosa	Fukosa	Fruktosa
<b>CHLOROPHYCEAE</b>						
<i>Dunaniella salina</i>	32	17,2	11,8	1,7	-	-
<b>PRASINOPHYCEAE</b>						
<i>Tetraselmis maculata</i>	20	11,9	2,3	0,95	-	-
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>						
<i>Monochrysis lutheri</i>	34	22,1	4,4	1,3	-	-
<b>HAPTOPHYCEAE</b>						
<i>Syracosphaera carterae</i>		9,2	7,1	1,5	-	-
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>						
<i>Chaetoceros sp</i>		3,3	1,5	0,71	2,8	+
<i>Skeletonema costatum</i>	33	16,4	1,8	1,2	1,0	0,9
<i>Coscinodiscus wailsii</i>		2,1	0,4	+	0,7	0,5
<i>Phaeodactylum tricorutum</i>		10,7	2,7	0,72	1,5	-
<b>DINOPHYCEAE</b>						
<i>Amphidinium carteri</i>	39	19,0	8,4	0,9	+	-
<i>Exuviaella sp</i>	42	26,8	8,3	+	+	-
<b>MYXOPHYCEAE</b>						
<i>Agmenellum quadruplicatum</i>	38	17,4	3,2	1,5	-	-

Keterangan: + gula dideteksi tapi tidak diestimasi - gula tidak terdeteksi

Fitoplankton memperoleh energi melalui proses yang dinamakan fotosintesis, sehingga mereka harus berada pada bagian permukaan (disebut sebagai zona *euphotic*) lautan, danau atau kumpulan air yang lain. Melalui fotosintesis, fitoplankton menghasilkan banyak oksigen yang memenuhi atmosfer bumi. Karena berfotosintesis, maka organisme yang hidup di atas permukaan air itu juga mampu menghasilkan karbohidrat. Kemampuan mereka untuk mensintesis sendiri bahan organiknya menjadikan mereka sebagai dasar dari sebagian besar rantai makanan di ekosistem lautan dan di ekosistem air tawar. Tabel 2 memperlihatkan komposisi karbohidrat dan monosakaridanya yang ditemukan pada spesies fitoplankton laut selama proses pertumbuhan. Kandungan karbohidrat tertinggi ditemukan pada spesies *Amphidinium carteri*.

si adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobik (tanpa oksigen). Reaksi dalam fermentasi berbeda-beda tergantung pada jenis gula yang digunakan dan produk yang dihasilkan. Dalam proses fermentasi alkohol digunakan ragi. Ragi ini dapat mengubah glukosa menjadi alkohol dan gas CO<sub>2</sub>. Ragi merupakan mikroorganisme bersel satu,

Disamping cahaya, fitoplankton juga sangat tergantung dengan ketersediaan nutrient untuk pertumbuhannya. Nutrien-nutrien ini terutama makronutrien seperti nitrat, fosfat atau asam silikat, yang ketersediaannya diatur oleh kesetimbangan antara mekanisme yang disebut pompa biologis dan upwelling pada air bernutrisi tinggi dan dalam. Akan tetapi, pada beberapa tempat di Samudra Dunia seperti di Samudra bagian Selatan, fitoplankton juga dipengaruhi oleh ketersediaan mikronutrien besi. Hal ini menyebabkan beberapa ilmuwan menyarankan penggunaan pupuk besi untuk membantu mengatasi karbondioksida akibat aktivitas manusia di atmosfer (*Richtel, M., 2007*).

## 2.4 Fermentasi

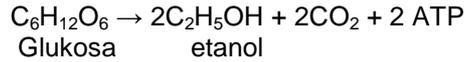
### Fermenta

tidak berklorofil dan termasuk golongan *eumycetes*. Dari golongan ini dikenal beberapa jenis, antara lain *Saccharomyces anamensis*, *Schizosaccharomyces pombe* dan *Saccharomyces cereviside*. Masing-masing mempunyai kemampuan memproduksi alkohol yang berbeda.

Syarat-syarat yang diperlukan dalam memilih ragi untuk fermentasi, adalah

cepat berkembang biak, tahan terhadap alkohol tinggi, tahan terhadap suhu tinggi, mempunyai sifat yang stabil, dan cepat mengadakan adaptasi terhadap media yang difermentasi. Pada umumnya ragi yang dipakai untuk pembuatan alkohol adalah jenis *Saccharomyces cerevisiae*, yang mempunyai pertumbuhan sempurna pada suhu 30°C dan pH 4,8.

Secara singkat proses fermentasi, glukosa (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) yang merupakan gula paling sederhana, melalui fermentasi akan menghasilkan etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH). Reaksi fermentasi ini dilakukan oleh ragi, dan digunakan pada produksi makanan. Persamaan reaksinya adalah :

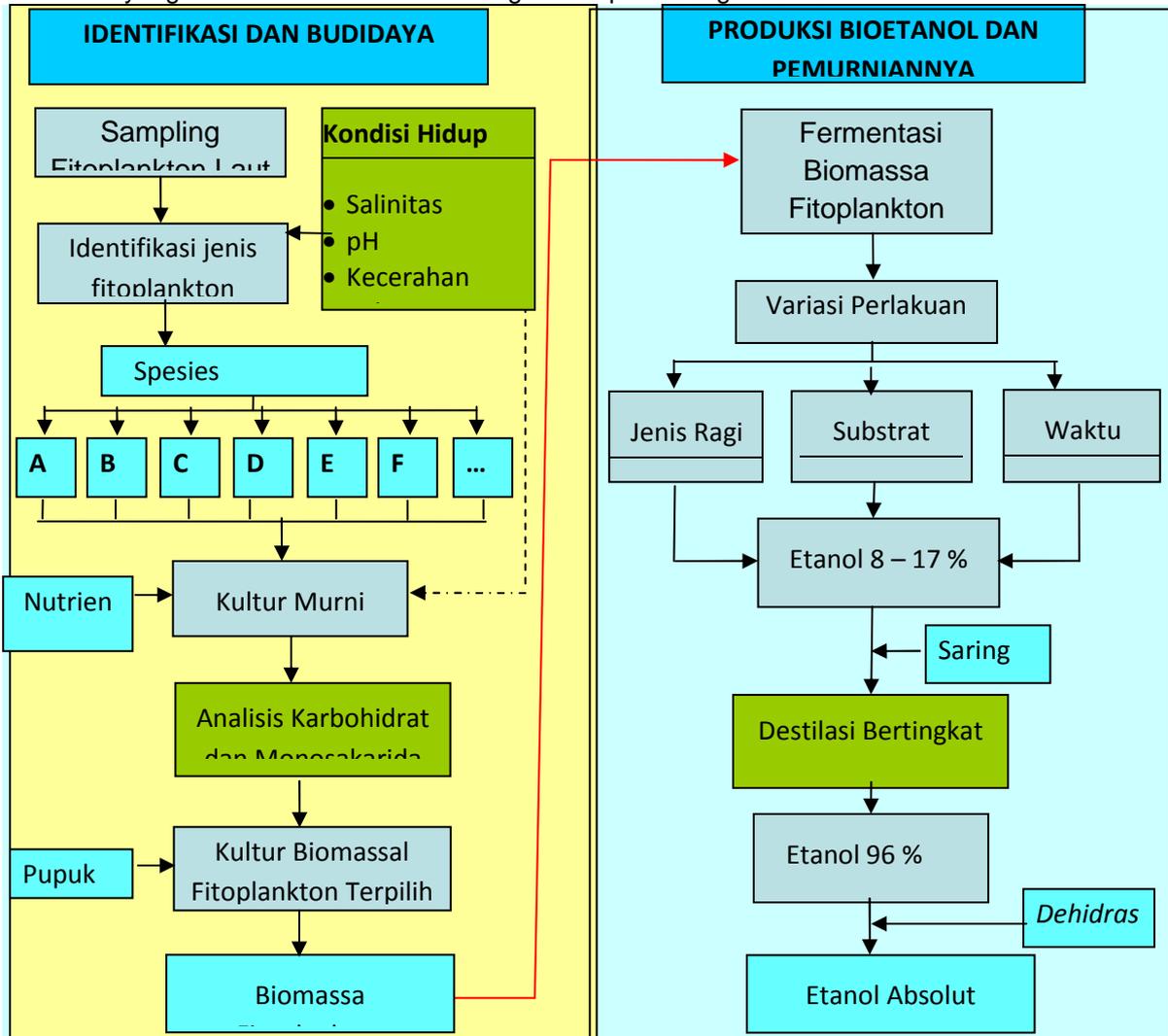


(Energi yang dilepaskan:118 kJ per mol)  
Mikrobia jenis "*Saccharomyces Cerevisiae*" yg sering digunakan untuk fermentasi ini, dimana mikrobia ini menghasilkan 7 macam enzim sebagai katalisator reaksi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kehidupan ragi adalah (a) Nutrien untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan. (b) Keasaman (pH) (c) Temperatur dan (d) Udara. Fermentasi alkohol berlangsung secara *anaerobic* (tanpa udara). Namun demikian, udara diperlukan pada proses pembibitan sebelum fermentasi, untuk pengembangbiakan ragi sel.

### 3. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Metode penelitian secara bertahap, diuraikan tentang teknik penanganan, pengumpulan dan analisis sampel penelitian sebagai berikut :

#### **a. Identifikasi jenis fitoplankton laut**

##### **1). Pengambilan sampel fitoplankton**

Pengambilan sampel dilakukan beberapa lokasi seperti pada daerah mangrove, bagian tengah perairan laut, daerah karang dan muara sungai. Pengambilan sampel fitoplankton secara horisontal dilakukan dengan menggunakan jaring fitoplankton. Digunakan plankton net nomor 25 dengan ukuran mata jala (mesh) sekitar 55  $\mu\text{m}$ . Pengambilan sampel fitoplankton permukaan pada penelitian ini adalah dengan cara menyaring sebanyak 60 liter air laut dengan menggunakan plankton net. Kemudian sampel fitoplankton dari bucket dipindahkan ke botol sampel dan diberi label sesuai dengan nomor stasiun yang telah ditentukan. Setelah itu, sampel fitoplankton dalam botol sampel diberi pengawet formalin. Konsentrasi formalin dalam botol sampel sekitar 4 - 5 %. Sedangkan untuk keperluan kualitatif sampel fitoplankton dalam botol sampel diawetkan dengan cara didinginkan.

##### **2) Identifikasi**

Analisis sampel dilakukan dengan menggunakan cawan Sedgwick Rafter di bawah mikroskop Nikon SE 102 dengan perbesaran 400 kali. Pedoman identifikasi fitoplankton adalah buku identifikasi dari Newell dan Newell, (1963); Yamaji (1982); Bold dan Wynne, (1985).

##### **3) Uji parameter fisika-kimia perairan**

Untuk mengetahui kondisi pertumbuhan fitoplankton yang akan diisolasi, dilakukan pengukuran beberapa parameter fisika-kimia air seperti suhu, salinitas, kecerahan, kecepatan arus, pH dan oksigen terlarut secara *In situ* (di lapangan).

##### **4) Penentuan Fitoplankton di laboratorium memakai alat Haemocitometer**

Fitoplankton uji yang digunakan yaitu spesies *Tetracelmis chuii* dan *Chaetoceros calcitrans*, berasal dari kultur murni pada Laboratorium Plankton Balai Benih Udang Maros. Sediaan fitoplankton dikultur dengan medium Walne dalam Erlenmeyer 100 mL. Setelah 4 hari, kultur dipindah ke botol 500 mL. Selama pelaksanaan

kultur, parameter fisika-kimia dipertahankan meliputi penerangan dari lampu TL 40 watt diberikan secara kontinu, gas  $\text{CO}_2$  dari aerasi, suhu antara 25-27  $^{\circ}\text{C}$ , pH medium air laut antara 8,3 - 9,0; serta salinitas medium untuk kondisi optimum spesies fitoplankton. Seluruh peralatan dan bahan yang digunakan dalam kultur disterilkan terlebih dahulu. Untuk mengetahui pola pertumbuhan fitoplankton uji, dilakukan penghitungan jumlah sel per militer medium setiap 12 jam dengan alat Haemocitometer yang diamati melalui mikroskop.

##### **5) Mengkultur secara biomassal jenis fitoplankton terpilih**

Mengacu pada parameter fisika-kimia kondisi pertumbuhan fitoplankton di lapangan yang diukur secara insitu, fitoplankton terpilih kemudian dikultur di laboratorium dengan memvariasikan nutrient medium hasil rekayasa bahan baku local yang utama yaitu ikan teri kering, dedak padi dan kelapa serta kondisi pertumbuhannya agar diperoleh biomassa maksimum. Variasi perbandingan nutrien dan desain bioreaktor kultur dilakukan agar diperoleh kondisi kultur yang optimum. Untuk mengetahui pola pertumbuhan fitoplankton, dilakukan penghitungan jumlah sel per mililiter medium setiap 12 jam selama 10 hari dengan alat Haemocitometer yang diamati melalui mikroskop. Hasil kultur murni pada kondisi pertumbuhan optimum ini dijadikan dasar untuk kultur secara biomassal.

#### **b. Penemuan kondisi optimum untuk produksi bioetanol**

Biomasa setiap spesies algae dilakukan proses sakarifikasi secara biologi. Proses itu dilakukan dengan menambahkan ragi tape pada substrat algae. Pada proses ini dilakukan beberapa tahap yaitu biomasa spesies algae dicuci bersih, lalu dikukus sampai matang, lalu ditiriskan dan dibiarkan dingin dalam udara terbuka. Setelah dingin, biomasa spesies algae dimasukkan ke dalam toples dan ditaburi ragi secara merata. Lalu, toples tersebut ditutup rapat selama 2-3 hari dalam keadaan anaerob (hampa udara atau tanpa ada oksigen). Variasi jenis ragi, substrat dan waktu fermentasi dilakukan untuk mencari kondisi produksi etanol yang optimal. Berikutnya, biomasa spesies algae yang telah difermentasikan tersebut disaring dan

diambil sarinya. Selanjutnya, sari tersebut didestilasi sampai menghasilkan bioetanol.

### c. Pemurnian bioetanol

Produk bioetanol hasil fermentasi mengandung alkohol yang rendah sekitar 18 – 27%, perlu dinaikkan konsentrasinya dengan jalan destilasi bertingkat. Hal tersebut dimaksudkan untuk memisahkan bioetanol dari campuran etanol air. Pada tekanan atmosfer, air mendidih pada 100°C dan etanol mendidih pada sekitar 77°C, maka destilasi merupakan cara yang paling efisien untuk memisahkan antara bioetanol dan air. Dengan memanaskan campuran bioetanol air pada temperatur sekitar 80°C, lalu uap-uap bioetanol ini didinginkan (dikondensasi), maka konsentrasi bioetanol dalam cairan yang dikondensasikan itu akan lebih tinggi dari pada dalam larutan aslinya. Jika kondensat ini dipanaskan lagi dan kemudian dikondensasikan, maka konsentrasi bioetanol akan lebih tinggi lagi. Proses ini diulangi terus, sampai diperoleh kadar bioetanol 96% (alkohol teknis). Pada larutan 96% bioetanol, didapatkan suatu campuran dengan titik didih yang sama (azeotrop). Pada keadaan ini, jika larutan 96% etanol ini dipanaskan, maka rasio

molekul air dan bioetanol dalam kondensat akan tetap konstan. Dengan cara destilasi ini, etanol tidak bisa lebih pekat dari 96%, maka perlu dilakukan pemurnian menggunakan kolom pemurnian (*purifying column*) untuk mempertinggi kualitas alkohol yang dihasilkan. Dalam kondisi ini, alkohol teknis harus dilakukan proses dehidrasi di dalam “*dehydrating still*” dengan penambahan larutan ketiga sebagai pengikat air yang ada dalam campuran azeotrop tersebut sehingga diperoleh bioetanol absolut.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### A. Isolasi dan Identifikasi Fitoplankton Laut

Dalam penelitian ini telah diisolasi dan diidentifikasi sejumlah fitoplankton laut baik dari golongan diatom maupun dinoflagelata yakni jenis flagelata terdiri *Chlorella sp.*, *Dunaliella sp.*, *Tetraselmis chui*, dan *Spirulina sp.*; dan jenis diatom terdiri dari *Chaetoceros calcitrans*, *C. gracilis*, dan *C. Isochrysis galbana*, seperti terlihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Jenis fitoplankton hasil identifikasi dari kultur massal fitoplankton

No	Jenis Fitoplankton	Ukuran (µm)	Keterangan
1.	<i>Chlorella sp.</i>	3-4	Berwarna hijau dan tidak motil serta tidak memiliki flagella. Selnya berbentuk bola berukuran sedang dengan chloroplas berbentuk cangkir
2.	<i>Dunaliella</i>	Lebar 5-8 Panjang 7-12	Berwarna hijau motil dengan dua flagella, yang muncul di dekat bagian belakang sel, Sel-selnya bergerak dengan cepat di air dan tampak ber-goncang pada saat berenang. Selnya berbentuk melingkar hingga memanjang dan biasanya memiliki sebuah titik mata merah.
3.	<i>Tetraselmis chuii</i>	Lebar 9-10 Panjang 12-15	Berwarna hijau motil, dengan empat flagel yang tumbuh dari sebuah alur pada bagian belakang anterior sel. Sel-selnya bergerak dengan cepat di air dan tampak bergoncang pada saat berenang. Ada empat cuping yang memanjang dan memiliki sebuah titik mata yang kemerah-merahan.
4.	<i>Spirulina sp.</i>	Lebar 5-6 Panjang 20-200	Berbentuk spiral, dapat berwarna biru-hijau atau merah
5.	<i>Chaetoceros calcitrans</i>	4	Berbentuk memanjang, berwarna coklat kemerahan
6.	<i>C. Isochrysis galbana</i>	4 – 8	Merupakan sel motil dengan 2 flagella yang tumbuh di dekat bagian belakang sel. Sel bergerak cepat di air dan berputar-putar pada saat berenang. Alga ini berbentuk bulat berwarna emas dan biasanya memiliki sebuah titik mata merah.
7.	<i>Chaetoceros gracilis</i>	0,5 – 2	Organisme ini merupakan sel tunggal dan dapat membentuk rantai menggunakan duri yang saling berhubungan dari sel yang berdekatan. Tubuh utama berbentuk seperti petri dish. Jika dilihat dari samping organisme ini berbentuk persegi dengan duri yang menonjol dari bagian pojok.

Dari setiap pitoplankton yang diisolasi, kemudian ditentukan parameter fisika dan kimia pada kondisi kultur massal di lapangan sebagai pertimbangan untuk perlakuan kondisi kultur murni di laboratorium. Selain itu dilakukan penelusuran tentang kondisi lingkungan yang optimum untuk pertumbuhan fitoplankton hasil kultur. Perbanyakkan bibit pitoplankton hasil isolasi

dilakukan dengan kondisi lingkungan optimum yang telah diperoleh dan selanjutnya ditumbuhkan secara bertahap melalui wadah 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL dan 1000 mL. Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia pada medium kultur massal masing-masing pitoplankton adalah seperti pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Parameter fisika dan kimia kultur massal fitoplankton

Jenis Pitoplankton	Parameter					
	Salinitas (permil)	pH	Suhu (°C)	Penerangan	Aerasi	Kepadatan awal (sel/mL)
<i>Chlorella sp.</i>	30	8,3 - 9,0	20-25	Lampu TL 40 watt	Udara blower	1.000.000
<i>Dunaliella sp.</i>	28	Sda	Sda	Sda	Sda	250.000
<i>Tetraselmis chuii</i>	30	Sda	Sda	Sda	Sda	100.000
<i>Spirulina sp.</i>	29	Sda	Sda	Sda	Sda	200.000
<i>Chetoceros calcitrans</i>	32	Sda	Sda	Sda	Sda	100.000
<i>C. gracilis</i>	25	Sda	Sda	Sda	Sda	350.000
<i>C. Isochrysis galbana</i>	30	Sda	Sda	Sda	Sda	250.000

Dari setiap pitoplankton yang diisolasi kemudian dikultur dengan menggunakan air laut menggunakan medium Arschat,

dengan komposisi medium terbaik hasil temuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### A. Makro Nutrien:

No.	Mineral Salt	Conc. (mM)	MW	g/liters	Note	Use	
						Gram	(mL/L)
1.	NaCl	300	58.45	25.38	direct addition		
2.	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	10	246.48	4.730	direct addition		
3.	KNO <sub>3</sub>	4	101	0.503	Stock 1 M/100 mL	10.1	3
4.	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2	136	0.236	Stock 1 M/100 mL	13.6	1
5.	CaCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	15	110.99	1.210	Stock 1 M/1000 mL	110.99	10

Medium: Add (1,2,3,4,and 5) to 775 mL distilled deionized water

#### B. Mikro Nutrien:

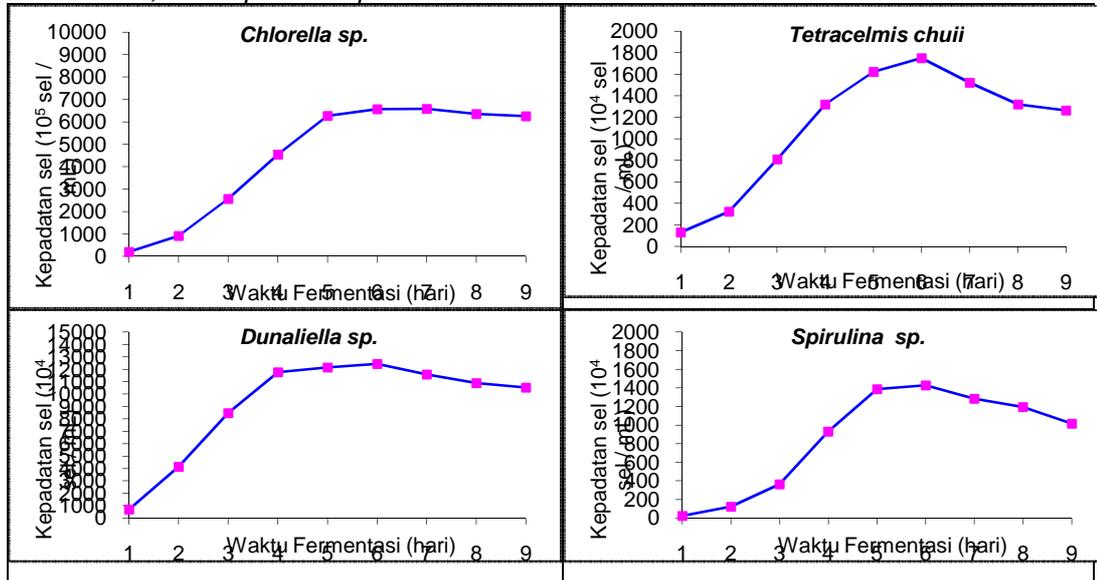
No.	Mineral Salt	Conc. (µM)	MW	Stock 1 (M/mL)	Use		Stock2 (M/mL)	Use (mL)	
					Gram	(mL/L)		Stock1*	Stock2+
1.	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	300	61.81	0.4/100	2.5724	1	-		
2.	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1	191.37	0.2/100	3.7274		0.02/100	1	1
3.	MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O	1	223.06	0.4/100					
4.	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	0.2	249.50	0.01/100	0.3495		0.01/100	1	1
5.	CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	0.2	273.75	0.01/100	0.3738		0.01/100	1	1
6.	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> MoO <sub>7</sub> .24H <sub>2</sub> O	0.2	1253.58	0.01/100	0.8016		0.01/100	1	1
7.	NaFeEDTA	25	367.10						
8.	NaSiO <sub>3</sub> .9H <sub>2</sub> O**	15	259.09	0.1/100	2.6909	1	-		
9.	Tris mix (7.8): TRIS-HCl TRIS-base	0.023%; mean:		0.025 g Tris mix in 100 g water (MJ water = 1 g/mL)					
			157.6		0.01722				
			121.14		0.00778				
10	Vitamin mix: Biotin Vit B1 Vit B12					1			
					0.2				
					0.15				
					0.2				

Catatan: \* Penggunaan 1 mL larutan stok untuk membuat larutan stok 2

+ Penggunaan 1 mL larutan stok 2 untuk membuat 1 Liter medium  
 \*\* Penggunaan untuk diatom

Hasil pengamatan pola pertumbuhan jenis flagelata *Chlorella sp.*, *Dunaliella sp.*, *Tetraselmis chuii.*, dan *spirulina sp.* dalam

medium air laut dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Pola pertumbuhan jenis flagelata *Chlorella sp.*, *Dunaliella sp.*, *Tetraselmis chuii.*, dan *Spirulina sp.*

Pola pertumbuhan keempat fitoplankton *Chlorella sp.*, *Dunaliella sp.*, *Tetraselmis chuii.*, dan *Spirulina sp.* yang dikultur pada kondisi lingkungan yang dipertahankan; meliputi temperatur ruangan kultur, cahaya yang kontinu, nutrien yang digunakan, salinitas air laut untuk masing-masing spesies, pH air yang digunakan, dan aerasi CO<sub>2</sub>; memperlihatkan pola pertumbuhan yang mirip yakni mengalami 4 tahap pertumbuhan yaitu tahap penyesuaian,

pembelahan, pertumbuhan dan kematian. Kepadatan optimum fitoplankton dicapai pada hari ke 7 untuk fitoplankton jenis *Chlorella sp.*, 658,173 x 10<sup>5</sup> sel per mL; sedang tiga yang dari jenis *Dunaliella sp.*, *Tetraselmis chuii.*, dan *Spirulina sp.*, kepadatan optimum dicapai pada hari ke 6 secara berturut-turut sebesar : 1.242,973 x 10<sup>4</sup> sel per mL, 175.153 x 10<sup>4</sup> sel per mL dan 601,015 x 10<sup>4</sup> sel per mL, seperti yang terlihat pada Tabel 5 berikut.:

Tabel 5. Kepadatan fitoplankton *Chlorella sp.*, *Dunaliella sp.*, *Tetraselmis chuii* dan *Spirulina sp.* pada waktu kultur 8 hari

Waktu (Hari)	Kepadatan Jenis Fitoplankton (sel/mL)			
	<i>Chlorella sp.</i> (10 <sup>5</sup> )	<i>Dunaliella sp.</i> (10 <sup>4</sup> )	<i>Tetraselmis chuii</i> (10 <sup>4</sup> )	<i>Spirulina sp.</i> (10 <sup>4</sup> )
0	10,000	25,000	10.000	12.500
1	19,813	69,333	13.175	27.170
2	92,075	413,875	32.450	182.003
3	257,089	845,973	81.005	293,355
4	454,143	1.176,750	131.957	418,195
5	627,333	1.215,735	162.353	562,027
6	656,620	<b>1.242,973</b>	<b>175.153</b>	<b>601,015</b>
7	<b>658,173</b>	1.158,667	152.137	583,713
8	634,905	1.089,333	132.075	440,015

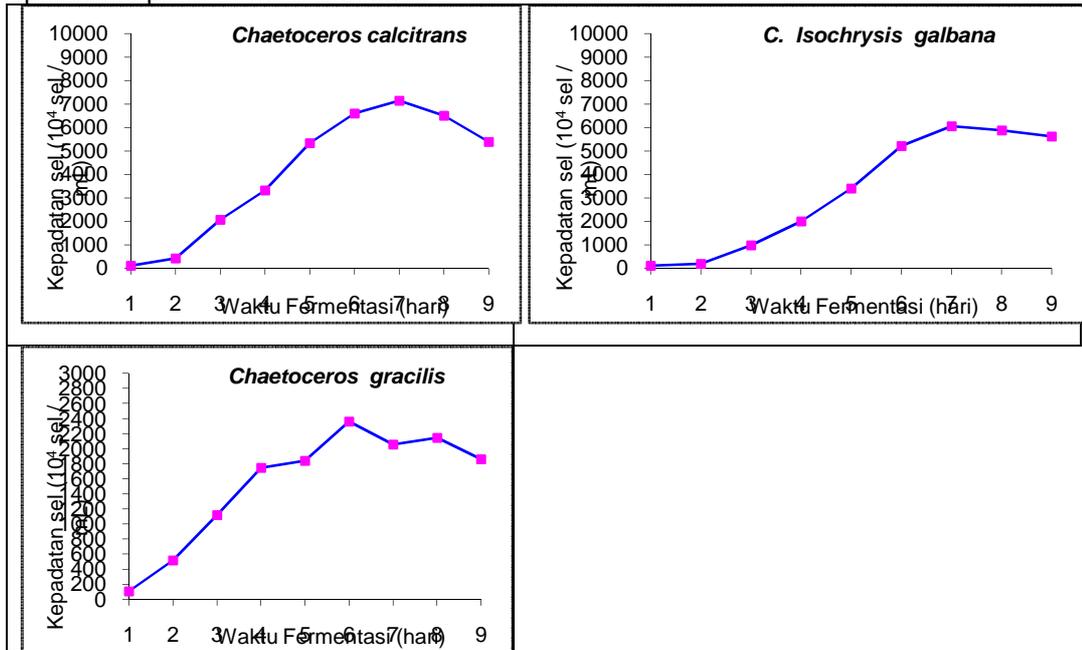
Laju pertumbuhan spesifik ( $\mu$ ) lima jenis fitoplankton yang telah ditemukan dari jenis flagellata, yaitu : *Chlorella sp.*, *Dunaliella sp.*,

*Tetraselmis chuii.*, dan *Spirulina sp.*, seperti yang terlihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Kepadatan sel fitoplankton dan laju pertumbuhan spesifiknya

Spesies	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	Waktu (hari)	Pengamatan (sel/mL)		$\mu$ ( $\text{hari}^{-1}$ )
			$N_0$	$N_t$	
<i>Chlorella sp.</i>	3 – 4	7	1.000.000	65.333.000	0.0318
<i>Dunaliella sp.</i>	8	6	250.000	11.586.670	0.0302
<i>Tetraselmis chunii</i>	10 – 15	6	100.000	1.732.500	0.0198
<i>Spirulina sp.</i>	5 – 6	6	250.000	8.779.950	0.0289

Hasil pengamatan pola pertumbuhan jenis Diatom jenis dalam medium air laut buatan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:

Gambar 3. Pola pertumbuhan jenis Diatom *Chaetoceros calcitrans*, *C. Isochrysis galbana*, dan *C. gracilis*.

Pola pertumbuhan fitoplankton dari kelas diatom untuk jenis *Chaetoceros calcitrans* dan *Chaetoceros gracilis* yang dikultur pada kondisi lingkungan yang dipertahankan; meliputi temperatur ruangan kultur, cahaya yang kontinu, nutrisi yang digunakan, salinitas air laut untuk masing-masing spesies, pH air yang digunakan, dan aerasi  $\text{CO}_2$ ; juga memperlihatkan pola pertumbuhan yang mirip yakni mengalami 3

tahap pertumbuhan yaitu tahap penyesuaian, pembelahan, dan pertumbuhan-kematian. Kepadatan optimum ketiga fitoplankton dicapai pada hari ke 6 untuk fitoplankton jenis *Chaetoceros calcitrans*, *C. gracilis*, dan *C. Isochrysis galbana*, berturut-turut  $713,333 \times 10^4$  sel per mL,  $223,667 \times 10^4$  sel per mL dan  $605,028 \times 10^4$  sel per mL, seperti yang terlihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Kepadatan fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* dan *Chaetoceros gracilis* pada waktu kultur 8 hari

Waktu (Hari)	Kepadatan Jenis Fitoplankton (sel/mL)		
	<i>Chaetoceros calcitrans</i> ( $10^4$ )	<i>C. Isochrysis galbana</i> ( $10^4$ )	<i>C. gracilis</i> ( $10^4$ )
0	10,000	10,000	2,500
1	42,167	17,857	10,333
2	206,667	97,862	51,667
3	331,667	199,225	112,000
4	533,333	340,169	174,667
5	660,000	520,241	183,933
6	<b>713,333</b>	<b>605,028</b>	<b>236,267</b>
7	650,000	587,206	205,667
8	538,333	561,257	214,333

Laju pertumbuhan spesifik ( $\mu$ ) fitoplankton jenis *Chaetoceros calcitrans*, *C. Isochrysis*

*galbana*, dan *C. gracilis* seperti yang terlihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Kepadatan sel fitoplankton dan laju pertumbuhan spesifiknya

Spesies	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	Waktu (hari)	Pengamatan (sel/mL)		$\mu$ ( $\text{hari}^{-1}$ )
			$N_0$	$N_t$	
<i>Chaetoceros calcitrans</i>	4	6	100.000	7.133.333	0.0291
<i>C. gracilis</i>	0,5 – 2	6	25.000	2.236.667	0.441
<i>C. Isochrysis galbana</i>	4 – 6	6	100.000	1.242.500	0.5823

Selanjutnya, penentuan hubungan antara berat kering biomasa fitoplankton dan

volume kultur dalam fase optimum diperoleh sebagaimana Tabel 9 berikut:

Tabel 9. Hubungan berat kering biomasa fitoplankton dan 1 liter volume kultur dalam fase optimum.

No.	Jenis Fitoplankton	Berat Kering Biomassa (mg/L)
1.	<i>Chlorella sp.</i>	0,39
2.	<i>Dunaliella sp.</i>	0,32
3.	<i>Tetraselmis chuii</i>	0,37
4.	<i>Spirulina sp.</i>	0,26
5.	<i>C. calcitrans</i>	0,29
6.	<i>C. gracilis</i>	0,25
7.	<i>C. isocrysis galbana</i>	0,19

Dari data hasil kultur biomassa fitoplankton dengan menggunakan medium Arschat disimpulkan bahwa untuk memperoleh biomassa dalam jumlah banyak, maka disarankan untuk mengkultur dari jenis dinoflagelata dengan berat kering sebanyak 0,39 mg/L; 0,37 mg/L; dan 0,32 mg/L medium kultur massal berturut-turut untuk fitoplankton jenis *Chlorella sp.*, *Tetraselmis chuii* dan *Dunaliella sp.*

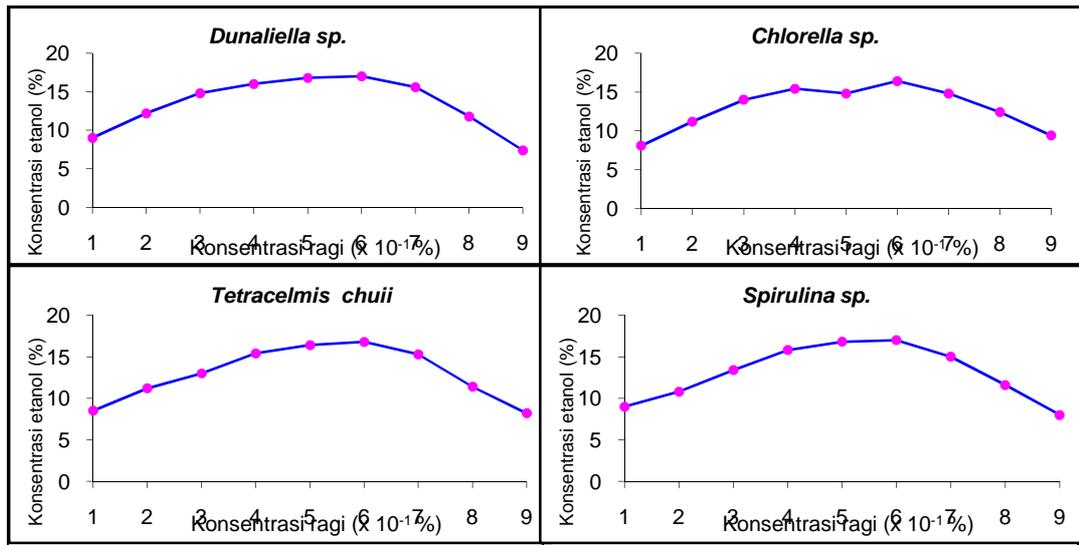
Dari hasil dikultur, terlihat bahwa fitoplankton yang mempunyai kadar karbohidrat tertinggi adalah dari golongan dinoflagelata yakni dari jenis fitoplankton *Dunaliella sp.*; *Chlorella sp.* *Spirulina sp.*, dan *Tetraselmis chuii* berturut-turut memiliki kandungan karbohidrat sebesar 32,97 %; 31,19 %; 31,05%; dan 28,15%, sebagaimana terlihat pada Tabel 10 berikut:

Tabel 10. Kadar karbohidrat pada berbagai jenis jenis fitoplankton pada kultur biomasnya.

No.	Jenis Fitoplankton	Kadar Karbohidrat (%)
1.	<i>Chlorella sp.</i>	31,19
2.	<i>Dunaliella sp.</i>	<b>32,97</b>
3.	<i>Tetraselmis chuii</i>	28,15
4.	<i>Spirulina sp.</i>	31,05
5.	<i>Chaetoceros calcitrans</i>	7,52
6.	<i>C. gracilis</i>	6,17
7.	<i>C. Isocrysis galbana</i>	15,20

Selanjutnya penentuan kondisi optimum proses fermentasi menggunakan ragi *Sacharomyces sereviciae* dilakukan pada jenis fitoplankton memiliki kadar karbohidrat

dan biomassa yang tinggi yaitu fitoplankton jenis *Dunaliella sp.*, *Chlorella sp.*, *Tetraselmis chuii*, dan *Spirulina sp.*, hasilnya diperlihatkan pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Penentuan kondisi optimum fermentasi fitoplankton *Dunaliella sp.*, *Chlorella sp.*, *Tetraselmis chuii*, dan *Spirulina sp.*, berdasarkan variasi konsentrasi ragi *Sacharomyces cerevisiae*

Berdasar data pada gambar 4 diperoleh bahwa kondisi optimum proses fermentasi yaitu : Perbandingan konsentrasi ragi *Sacharomyces cerevisiae* dengan substrat fitoplankton yang menghasilkan konsentrasi etanol tertinggi adalah 0,6%. Kondisi inilah yang dipakai untuk menentukan kandungan dan kadar etanol pada tujuh jenis fitoplankton yang di

amati dalam penelitian ini dan hasilnya sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 11.

Berdasarkan Tabel 11, diperoleh bahwa kandungan etanol tertinggi setelah melalui proses pemurnian diperoleh pada jenis fitoplankton *Chlorella sp.* dan *Spirulina sp.* yaitu sekitar 17% dengan kadar 99,8% dan kandungan etanol terendah diperoleh pada jenis fitoplankton *C. Isocrysis galbana* yaitu sekitar 13,4% dengan kadar 99,7%.

Tabel 11. Kandungan jumlah dan kadar (konsentrasi) etanol sesudah melalui proses pemurnian pada berbagai jenis fitoplankton.

No.	Jenis Fitoplankton	Kandungan Etanol (%)	Kadar Etanol (%)
1.	<i>Chlorella sp.</i>	17	99,8
2.	<i>Dunaliella sp.</i>	16,9	99,8
3.	<i>Tetraselmis chuii</i>	15,8	99,7
4.	<i>Spirulina sp.</i>	17	99,8
5.	<i>Chaetoceros calcitrans</i>	14,6	99,7
6.	<i>C. gracilis</i>	15,2	99,6
7.	<i>C. Isocrysis galbana</i>	13,4	99,7

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arinardi, O.H., A.B. Sutomo, S.A. Yusuf, Trianingstih, E. Asnaryanti dan S. H. Riyono. 1997. Kisaran Kelimpahan dan Komposisi Plankton Predominan di Perairan Kawasan Timur Indonesia. P3O-LIPI. Jakarta.
- Bold, H.C., M.J. Wynne. 1985. Introduction to the algae. Second edition. Prentice-Hall. Inc. Englewood cliff. New Jersey.
- Dartanto, Teguh. ``BBM, Kebijakan Energi, Subsidi dan Kemiskinan di Indonesia.``. Inovasi Online Edisi 5/XVII/November 2005 (<http://io.ppi-jepang.org/article.php?id=102>)
- Darrel Jobman. "Will ethanol produce a bull market in Corn?". Chicago Board of Trade, 2006 (<http://www.cbote.com/cbot/docs/74305.pdf>)
- Fenchel, T., 1988, "Marine Plankton Food Chains", Ann. Rev. Ecol. Syst., 19, 19-38.
- F. Fahri dalam Harian Kompas, 2002. Krisis BBM, Jarak, dan Algae
- Marshall, A.T. Bioenergy from Waste : A Growing Source of Power, Waste Management world Magazine, April 2007, hal 34-37. (<http://id.wikipedia.org/wiki/Biofuel>).

- Mannheim, Boehringer. 1987. Methods of Biochemical Analysis and Food Analysis using Test Combination. Boehringer Mannheim GmbH Biochemica. Jerman.
- Mujizat Kawaroe, 2008, Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi *dalam* Trubus, Majalah Pertanian Indonesia, Senin, Maret 03, 2008.
- Newell, G.E., R.C. Newell. 1963. Marine plankton a practical guide. Hutchinson Educational LTD 178-202 Great Portland Street, London, W.1.
- Naicheng Wu, dkk. 2010. Distribution of Phytoplankton in a German Lowland River in Relation to Environmental Factor. Journal Plankton Res. Vol 33. Hal 807-820.
- Pidato Presiden, Metro TV, 5 Mei 2008.
- Richtel, M. (May 1, 2007), "Recruiting Plankton to Fight Global Warming", New York Times*
- Setiawan, Andi. 2004. Potensi Pemanfaatan Alga Laut Sebagai Penunjang Perkembangan Sektor Industri. Makalah Ilmiah Ketua Jurusan Kimia, Universitas Lampung, Bandar Lampung
- Setiadi Agus, 2004. Efek Upwelling terhadap Kelimpahan dan Distribusi Fitoplankton di Perairan Laut Banda. Jurnal Makara Sains. Vol 8. Hal 43-51. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Soerawidjaja, Tatang H., 2005, Membangun Industri Biodiesel di Indonesia, Makalah Ilmiah Forum Biodiesel Indonesia, 16 Desember 2005, Bandung.
- Somerville, C., 2008. Development of Cellulosic Biofuels, Journal of Agricultur. Hal 21-27, US. Departement of Agriculture, California, USA.
- Syahrudin, K. dkk., 2009. Pemanfaatan Fitoplankton Laut untuk Produksi Bioetanol sebagai Bahan Bakar Nabati (BBN). Journal Agri-Sains Unhalu, Kendari.
- Syahrudin, K. dkk., 2010. Pemanfaatan Fitoplankton Laut untuk Produksi Bahan Bakar Nabati (Bioalkohol). Journal Farmasi dan farmakologi Fakultas Farmasi Unhas, Makassar.
- Tamrin, U., 2007. Sintesis Metil Ester dari Biji Jarak Pagar melalui Transesterifikasi Langsung dengan Katalis Abu Tandang Kosong Sawit, Prosidin Konferensi Nasional Jarak Pagar, IPB Bogor, Bandung.
- Thurman, H. V. (1997). Introductory Oceanography. New Jersey, USA: Prentice Hall College.*
- Yamaji, I. 1982. Illustrations of the marine plankton of Japan. Hoikusha publishing Co., Ltd. 17-13, 1-chome, Uemachi, Higashi-ku, Osaka, 540 Japan

