

PEMANFAATAN LIMBAH CAIR INDUSTRI KARET REMAH SEBAGAI MEDIA PERTUMBUHAN CHLORELLA VULGARIS UNTUK PAKAN ALAMI IKAN

THE UTILIZATION OF THE WASTE OF THE CRUMB RUBBER INDUSTRY AS A GROWING MEDIA OF CHLORELLA VULGARIS FOR A NATURAL FORAGE FISH

Eli Yulita

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang
e-mail : pradanaputri.8@gmail.com

Diterima: 10 Februari 2014; Direvisi: 17 Februari 2014 – 4 April 2014; Disetujui: 30 Mei 2014

Abstrak

Chlorella vulgaris dapat memanfaatkan bahan-bahan organik yang terdapat di dalam limbah karet yang berfungsi sebagai media pertumbuhan *C. vulgaris*. *C. vulgaris* adalah salah satu jenis mikroalga yang dapat digunakan sebagai bahan baku pakan dan pakan alami ikan. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah cair industri karet remah sebagai media pertumbuhan *C. vulgaris* untuk pakan alami ikan. Tahap awal penelitian yaitu penyiapan isolat murni *C. vulgaris*, selanjutnya dilakukan peremajaan sampai fase log, dilakukan *scale up* sampai diperoleh biomassa dari kultur *C. vulgaris* yang dapat digunakan sebagai pakan alami. Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap mutu pakan alami yang dihasilkan meliputi beta karoten, asam folat, minyak dan lemak, kadar lemak, lemak tak jenuh, protein, kadar air, kadar abu, klorofil, serat kasar, Besi (Fe), Mangan (Mn), kalium, vitamin dan limbah sisa dari media yang digunakan. Hasil pengujian kadar protein dan kadar air pakan ikan *C. vulgaris* dengan memanfaatkan limbah cair industri karet remah berturut-turut yaitu 2,3% dan 95,46%. Sedangkan mutu pakan alami yang dihasilkan yaitu lemak tak jenuh 0,44 mg/kg; protein 2,3%; minyak lemak 141 mg/L; klorofil a 2,7094 mg/L; klorofil b, 0,8424 mg/L dan vitamin B1 3,99 mg/Kg; Vitamin D 2,52 mg/100 g dan Vitamin E 1,09 mg/100 g.

Kata Kunci : limbah cair, *C. vulgaris*, pakan alami ikan

Abstract

Chlorella vulgaris can utilize organic substances contained in waste rubber which serves as a medium for its growth. *C. vulgaris* is one of the types of microalgae that can be used as raw material forage and natural forage fish. This research aims to utilize crumb rubber industry wastewater as a medium for the growth of *C. vulgaris* natural forage fish. The initial phase of the research, namely the preparation of pure isolates of *C. vulgaris*, followed by the rejuvenation to log phase, carried out to scale up biomass obtained from cultures of *C. vulgaris* which could be used as a natural forage. The next was testing the quality of natural forage product including beta carotene, folic acid, oils and fats, fat, unsaturated fat, protein, moisture content, ash content, chlorophyll, crude fiber, iron (Fe), manganese (Mn), potassium and vitamin and the wasted residual of the media used. The results of the test for protein content and moisture content of *C. vulgaris* fish forage by utilizing the waste water of crumb rubber industry respectively were 2.3% and 95.46%. While the quality of the natural forage product produced were unsaturated fatty 0.44 mg / kg; 2.3% protein; fatty oils 141 mg / L; chlorophyll a 2.7094 mg / L; chlorophyll b, 0.8424 mg / L and vitamin B1 3.99 mg / kg; Vitamin D 2.52 mg / 100 g and Vitamin E 1.09 mg / 100 g

Key words : the waste, *C. vulgaris*, natural forage fish

PENDAHULUAN

Proses pengolahan bokar menjadi *crumb rubber* pada industri karet remah yang terdapat di Palembang banyak menggunakan air yang diambil dari Sungai Musi. Air diperlukan pada proses pencucian, pembersihan bokar dari kontaminasi dan proses pencacahan serta pada proses penggilingan (*creeper*). Air yang digunakan pada proses pengolahan *crumb rubber* dapat berpotensi sebagai limbah industri yang dapat menimbulkan pencemaran jika tidak diolah dengan baik karena masih mangandung bahan-bahan organik yang tinggi.

C.vulgaris merupakan mikroalga berklorofil yang membutuhkan unsur hara makronutrisi berupa nitrogen dan fosfat. *C.vulgaris* mampu hidup dengan baik pada lingkungan yang banyak mengandung unsur hara tinggi dan memanfaatkannya untuk kelangsungan proses fotosintesis, berkembang biak dan melakukan aktivitas hidup lainnya (Becker, 1994).

C.vulgaris merupakan salah satu jenis mikroalga yang dapat digunakan sebagai bahan baku pakan dan pakan alami ikan (Erlina *et al.*, 2004)

Pakan ikan alami yang berasal dari mikroalga *C. vulgaris* dapat mempercepat pertumbuhan ikan dan benih ikan karena *C. vulgaris* mempunyai nutrisi yang dibutuhkan seperti protein, lemak, beta karoten dan vitamin, hal ini disebabkan karena sebagian besar komponen penyusun dinding sel dan bagian-bagian sel *C. vulgaris* terdiri atas protein, lemak, beta karoten, Nitrogen, Fosfor, Belerang, Kalium, Kalsium, Besi dan Cu serta vitamin yang terbentuk melalui proses metabolisme yang terjadi di dalam sel. Hal ini diperkuat oleh Muchlisin *et. al.* (2003). Pertambahan berat larva ikan lele selama 15 hari pemeliharaan dengan pemberian pakan ikan alami *C. vulgaris* rata-rata 0,04 gr dan pertambahan panjang 0,32 cm. Sedangkan menurut Wirosaputro (2002), Komposisi kimia *C. vulgaris* meliputi *beta karoten*, *khlorofil*, *fikosianin*, *g linolenic acid* (GLA), asam folat, asam pantotenat, protein, Vitamin B12, zat besi dan mineral.

Menurut Andersen (2005), *Spirulina sp* membutuhkan makronutrien seperti

Nitrogen, Fosfor, Belerang, Kalium, Kalsium dan kandungan nitrat optimum (0,9-3,5 mg/L) serta mikronutrien seperti Besi (Fe), Molibdenum (Mo), Tembaga (Cu), Kalsium (Ca), Mangan (Mn), Seng (Zn) dan Kobalt (Co) untuk menunjang kehidupan dan pertumbuhannya. Logam seperti Cu, Fe dan Zn merupakan komponen penting untuk pertumbuhan makhluk hidup seperti *C. vulgaris*, logam-logam berat tersebut dimanfaatkan dalam pembentukan kompleks logam dengan protein yang ada dalam sel. Proses penyerapan logam kadmium dapat terjadi melalui pertukaran ion antara logam kadmium dengan dinding sel atau melalui pembentukan ikatan kovalen antara logam dengan gugus aktif pada dinding sel (Haryoto dan Wibowo, 2004). Dinding sel fitoplankton terdiri atas senyawa organik seperti protein, polisakarida, asam alginat dan asam uronat yang dapat berikatan dengan logam (Greene *et al.*, 1986). Oleh sebab itu *C. vulgaris* dapat juga digunakan dalam proses pengolahan limbah industri.

Menurut Chen (2001), beberapa mikroalga memiliki kemampuan dalam meningkatkan kadar oksigen terlarut dan menurunkan kadar ammonium dengan menggunakan hasil oksidasi nitrogen dalam bentuk ammonium sebagai materi organik untuk fotosintesis. *C.vulgaris* merupakan mikroalga berklorofil yang membutuhkan unsur hara makronutrisi berupa nitrogen dan fosfat. *C.vulgaris* dapat hidup dengan baik pada lingkungan yang banyak mengandung unsur hara tinggi dan memanfaatkannya untuk kelangsungan proses fotosintesis, berkembang biak dan melakukan aktivitas hidup lainnya (Becker, 1994). Tujuan dari penelitian ini yaitu memanfaatkan limbah cair industri karet remah sebagai media pertumbuhan *C.vulgaris* untuk pakan alami ikan.

BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

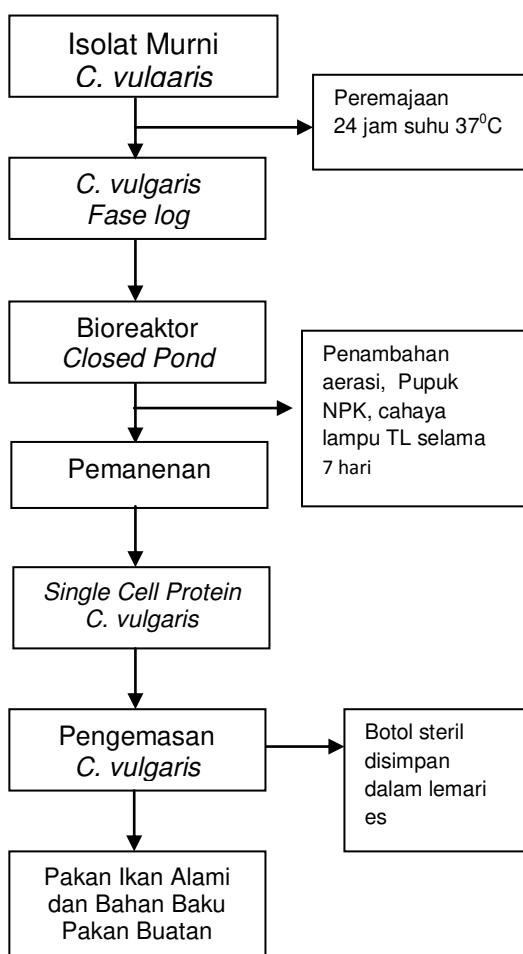
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah cair industri karet remah yang diambil dari PT. Hoktong Plaju Palembang, Modifikasi *Bold*

Basal Medium (BBM) cair dan BBM agar, pupuk NPK, agar bacteriological, isolat murni *C. vulgaris* hasil isolasi Alat-alat pembuatan pakan alami ikan dari *C. vulgaris* yang digunakan yaitu gallon 20 L, erlenmeyer 250 ml; 500 ml; 1 L; 5 L, lampu neon, selang, seperangkat aerator sedangkan alat-alat uji yang digunakan yaitu bunsen, aluminium foil, micropipet, AAS, HPLC, tabung reaksi dan alat-alat yang biasa digunakan untuk analisa mikrobiologi.

B. Metode Penelitian

Diagram alir pembuatan pakan alami ikan *C. vulgaris* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Kegiatan penelitian dilaksanakan pada skala laboratorium untuk memanfaatkan limbah cair industri karet remah sebagai media pertumbuhan *C. vulgaris* untuk pakan alami ikan.



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Pakan Alami Ikan dari *C. vulgaris* dengan Memanfaatkan Limbah Cair Industri Karet Remah

Tahap awal penelitian yaitu penyiapan isolat murni *C. vulgaris* hasil isolasi, selanjutnya dilakukan peremajaan sampai fase log, dilakukan scale up sampai diperoleh biomassa dari kultur *C. vulgaris* yang dapat digunakan sebagai pakan alami. Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap mutu pakan alami yang dihasilkan meliputi beta karoten, asam folat, minyak dan lemak, kadar lemak, lemak tak jenuh, protein, kadar air, kadar abu, klorofil, serat kasar, Besi (Fe), Mangan (Mn), Kalium dan Vitamin. Limbah sisa dari media yang digunakan juga dilakukan pengujian untuk mengetahui kualitas limbah.

Prosedur Pembuatan Pakan Alami Ikan dari *C. vulgaris* pada Limbah Cair Industri Karet Remah

Tahap awal penelitian ini yaitu penyiapan isolat murni *C. vulgaris* hasil isolasi sebanyak 6 ose, selanjutnya dilakukan peremajaan sampai fase log dengan menggunakan modifikasi BBM cair dan limbah cair industri karet remah pada erlenmeyer 250 ml dengan penambahan cahaya lampu TL 36 watt selama 24 jam. Setelah mencapai fase log *C. vulgaris* dilanjutkan ke tahap scale up dengan menggunakan limbah cair industri karet remah di dalam erlenmeyer 500 ml, 1000 ml, 5000 ml dan Gallon 20 Liter dengan penambahan lampu TL 36 watt selama 24 jam dan penambahan pupuk NPK dengan dosis 0,09 mg/L pada hari ketiga, kelima dan ketujuh, selanjutnya dilakukan pemanenan dengan menggunakan plankton net ukuran 10 mikron atau dapat menggunakan kain yang terbuat dari bahan nilon.

Setelah pakan alami *C. vulgaris* diperoleh selanjutnya biomassa *C. vulgaris* dimasukkan ke dalam botol yang telah disterilisasi dan disimpan di dalam lemari pendingin. Untuk mengetahui kualitas dari pakan alami yang dihasilkan dilakukan pengujian terhadap mutu pakan alami *C. vulgaris* meliputi beta karoten, minyak dan lemak, kadar lemak, lemak tak jenuh, protein, kadar air, kadar abu, klorofil, serat

kasar, Besi (Fe), Mangan (Mn), Kalium dan Vitamin.

Penentuan Beta Karoten dan Kadar Klorofil Metoda Spektrofotometer

Disiapkan sampel dan aseton dengan perbandingan 1:1 ke dalam tabung 10 ml, kemudian ditambahkan *glass bead*, disonifikasi selama 45 menit, disentrifuge selama 30 menit, diukur kadar beta karoten dan kadar klorofil dengan spektrofotometer pada masing-masing panjang gelombang 450 nm dan 645 nm.

Penentuan Minyak Lemak (SNI 06-6989.10-2004)

Disiapkan contoh uji sebanyak 1000 ml dan dimasukkan ke dalam corong pemisah selanjutnya ditambahkan HCl 1 ml, homogenisasi dengan cara dikocok. Kemudian botol contoh uji dibilas dengan 30 ml freon, air bilasan dimasukkan ke dalam corong pemisah tadi kemudian dilakukan homogenisasi. Selanjutnya sampel yang sudah diketahui berat tetapnya dimasukkan ke dalam labu destilasi, sisa sampel yang terdapat di dalam corong pemisah dibilas dengan 30 ml freon. Kemudian larutan disulung di atas pemanas air pada suhu $70 \pm 2^\circ\text{C}$. Hasil dari destilasi ditimbang dengan neraca analitik.

Penentuan Kadar Protein (SNI 01-3136-1992)

Sampel ditimbang sebanyak 0,5 g ke dalam labu kjeldhal, kemudian ditambahkan 2 g campuran selen dan 15 ml H_2SO_4 pekat, kemudian dipanaskan di atas nyala api atau pemanas listrik sampai mendidih dan larutan menjadi jernih kehijau-hijauan selama 2 jam. Selanjutnya didinginkan dan diencerkan ke dalam labu takar sampai 100 ml. Kemudian larutan dipipet sebanyak 5 ml dan dimasukkan ke dalam alat penyuling, selanjutnya ditambahkan 5 ml NaOH 30% dan beberapa tetes indikator pp.

Kemudian suling lagi selama 10 menit, sebagai penampung gunakan erlenmeyer yang telah berisi 10 ml larutan asam borat 2%. Kemudian titrasi

dengan HCl 0,01 N. Hitung dengan rumus :

$$\% \text{ Protein} = \frac{(d-b) \times c \times 0,014 \times 6,25 \times fp \times 100\%}{a} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- a : bobot sampel
- b : volume HCl 0,01 N yang dibutuhkan pada penitraan blanko, dalam ml
- c : normalitas HCl
- d : volume HCl 0,01 N yang dibutuhkan pada panitaran contoh, dalam ml
- fp : faktor pengenceran

Penentuan Kadar Air (SNI 01-3136-1992)

Ditimbang sampel 2 g pada botol timbang yang sudah diketahui bobotnya, kemudian dikeringkan pada oven pada suhu 105°C selama 3 jam. Selanjutnya didinginkan ke dalam desikator, kemudian ditimbang sampai diperoleh bobot tetap. Dihitung kadar air dengan rumus :

$$\text{Kadar Air} : (b / a) \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- a: bobot sampel sebelum dikeringkan, g
- b: bobot sampel sesudah dikeringkan, g

Penentuan Kadar Abu (SNI 01-3136-1992)

Ditimbang sampel sebanyak 2 gr ke dalam cawan porselen atau platina yang sudah diketahui bobotnya. Kemudian diarangkan di atas nyala api, lalu diabukan di dalam tanur pada suhu maksimum 500°C sampai dengan pengabuan sempurna. Kemudian didinginkan di dalam eksikator, lalu ditimbang sampai diketahui bobot tetapnya dan dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar Abu} : ((b - c) / a) \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- a : bobot sampel sebelum diabukan, gr
- b : bobot sampel dan cawan sesudah diabukan, gr
- c : bobot cawan kosong, gr

Penentuan Serat Kasar (SNI 01-3136-1992)

Ditimbang 2 gr sampel, bebaskan lemaknya dengan cara ekstraksi dengan dimasukkan ke dalam soklet, setelah mengendap tuangkan contoh ke dalam pelarut organik sebanyak 3 kali. Selanjutnya contoh dikeringkan dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 500 ml. Kemudian ditambahkan 50 ml larutan H_2SO_4 1,25%, kemudian didihkan selama 30 menit dengan menggunakan pendingin tegak. Ditambahkan 50 ml NaOH 3,25% dan dididihkan lagi selama 30 menit. Kemudian disaring dengan corong Buchner yang berisi kertas saring tak berabu Whatman 54 atau 541 yang telah dikeringkan dan diketahui bobotnya.

Endapan yang terbentuk dicuci berturut-turut dengan H_2SO_4 1,25%, air panas dan etanol 96%. Kemudian kertas saring ditimbang dan dikeringkan ke dalam oven pada suhu $105^{\circ}C$, kemudian ditimbangkan lagi sampai diperoleh bobot tetap. Bila kadar serat kasar lebih besar dari 1, kertas saring diabukan beserta isinya ditimbang sampai diperoleh bobot tetap. Kemudian dihitung dengan rumus :

a. Serat kasar lebih kecil sama dengan 1 %

Serat kasar : $(a / c) \times 100\%$(4)

b. Serat kasar lebih besar sama dengan 1 %

Serat kasar : $((a-b) / c) \times 100\%$(5)

Penentuan Kadar Logam Berat Besi, Mangan dan Kalsium dengan AAS

Disiapkan larutan standar logam dengan masing-masing konsentrasi 0 $\mu\text{g/l}$; 20 $\mu\text{g/l}$; 40 $\mu\text{g/l}$; 60 $\mu\text{g/l}$ dan 80 $\mu\text{g/l}$ dari larutan baku logam 10 mg/L. Kemudian saring larutan contoh 50 ml dengan menggunakan saring membran 0,45 μm , selanjutnya asamkan contoh sampai pH lebih kecil dari 2 dengan HNO_3 pekat. Contoh dipindahkan ke dalam labu ukur 100 ml, didinginkan dan ditambahkan akuades yang mengandung HNO_3 sebanyak 1,5 ml/l. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan menggunakan AAS tungku karbon sesuai dengan logam yang diuji.

Penentuan Kadar Vitamin dengan HPLC

Dipipetkan sebanyak lima ratus mikroliter contoh uji ke dalam tabung gelas berukuran 12 x 75 mm. Kemudian ke dalam setiap tabung ditambahkan 0,5 ml etanol dan divorteks selama 5 detik untuk mendenaturasi protein. Kemudian ditambahkan 1 ml heksan kemudian ditambahkan ke dalam setiap tabung, divorteks lagi selama 5 detik. Lapisan heksan yang terdapat di permukaan kemudian diambil dengan pipet Pasteur secara perlahan-lahan dan disaring dengan filter 0,45 mikro liter. Larutan heksan yang telah disaring kemudian diinjeksikan ke dalam sistem kromatografi. Selanjutnya sesuaikan kolom yang digunakan berdasarkan jenis vitamin yang dianalisa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Panen *C. vulgaris* sebagai Pakan Ikan

Rendemen *C. vulgaris* yang dihasilkan dari total kapasitas bioreaktor 300 L yaitu 50 L. *C. vulgaris* yang dihasilkan selanjutnya disimpan di dalam botol steril yang selanjutnya dapat langsung digunakan sebagai sumber *single cell protein* sebagai bahan baku pakan ikan buatan dan pakan alami.

C. vulgaris banyak mengandung nutrisi penting seperti Fe, Ca, Zn, Mn, Mg, protein, lemak, vitamin, asam lemak tak jenuh, beta karoten dan klorofil sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pakan ikan alami dan buatan. Menurut Amini dan Syamididi (2006), *C. vulgaris* digunakan sebagai pakan larva-larva biota laut seperti ikan, kerang – kerangan dan udang yang langsung diberikan bersama media cair.

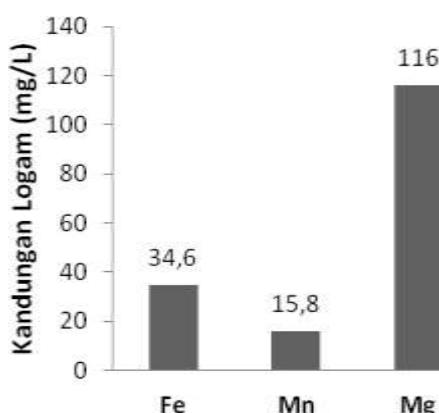
Pengujian Kadar Logam Fe, Mn dan Mg terhadap Pakan Ikan *C. vulgaris*

Pengujian logam berat terhadap pakan ikan (Gambar 2) menunjukkan bahwa terdapat tiga konsentrasi logam yang tinggi yaitu Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Magnesium (Mg) dengan masing-masing konsentrasi secara berturut-turut yaitu 34,6 mg/L; 15,8 mg/L; dan 116 mg/L. Hal ini disebabkan karena adanya

biomassa *C. vulgaris* yang mempengaruhi jumlah dari ketiga logam berat tersebut.

Unsur logam Fe, Mn dan Mg merupakan beberapa unsur kimia penyusun sel *C. vulgaris*. Unsur Mn merupakan penyusun ribosom yang juga berfungsi untuk mengaktifkan enzim polimerase yang berperan dalam sintesis protein dan juga merupakan aktivator enzim dalam siklus krebs dan proses fotosintesis. Unsur nutrisi hara Fe, Mn, dan Mg yang terdapat di dalam sel *C. vulgaris* diperlukan untuk memperbaiki pertumbuhan vegetatif tanaman, membantu pembelahan sel, aktivator enzim, pembentukan stomata, penyusunan dinding sel tanaman dan pembelahan sel (Yadial *et al*, 2012).

Sedangkan unsur Mg dan Fe, merupakan penyusun klorofil. Tiap molekul klorofil mengandung satu 1 atom Mg. Unsur Mg dan Fe terdapat dalam kloroplas sel *C. vulgaris* yang berfungsi sebagai penangkap dan penyimpan energi cahaya dan aktivator enzim dalam mekanisme energi serta membantu meningkatkan kadar klorofil. Pada penambahan pupuk anorganik yang mengandung unsur Fe dan Mg menunjukkan pertumbuhan tertinggi sebesar $2,62 \times 10^7$ sel/ml (log 7,4 sel/ml) yang tercapai pada kultivasi sembilan hari (Amini dan Syamididi, 2006)



Gambar 2. Grafik Kandungan Logam Fe, Mn dan Mg yang terdapat pada *C. Vulgaris*

Mikroalga *C. vulgaris* dalam pertumbuhannya sangat membutuhkan beberapa nutrisi seperti Nitrogen (N) berfungsi untuk membentuk protein,

lemak dan berbagai senyawa organik lain, pertumbuhan dan pembentukan sel secara vegetatif. Fosfor (P), diberikan dalam bentuk KH_2PO_4 berfungsi untuk metabolisme energi, sebagai stabilisator membran sel, pengaturan metabolisme alga, pengaturan produksi pati/amilum, pembentukan karbohidrat, protein dan sintesis asam amino. Unsur Belerang (S), berperan dalam pembentukan asam amino dan vitamin. Unsur Kalsium (Ca), berperan dalam membantu menyusun dinding sel dan mengatur permeabilitas membran. Unsur Kalium (K) berfungsi untuk pemanjangan sel, memperkuat dinding sel (Becker, 1995 dan Andersen, 2005).

Pengujian Kadar Vitamin pada *C. vulgaris*

Vitamin yang terdapat pada *C. vulgaris* yang dihasilkan (Tabel 1). Vitamin yang dominan terdapat di dalam *C. vulgaris* yaitu vitamin B1 (*Thiamin*) (3,99 mg/kg), vitamin D (2,52 mg/100 gr) dan vitamin E (1,09 mg/100gr). Hal ini menunjukkan bahwa nutrisi yang terkandung di dalam *C. vulgaris* dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan pakan ikan.

Tabel 1. Komposisi Kadar Vitamin pada *C. vulgaris*

No	Jenis Vitamin	Satuan	Hasil
1	Vitamin B1	mg/ kg	3,99
2	Vitamin D	mg/100 gr	2,52
3	Vitamin E	mg/100 gr	1,09

Pengujian Kadar Beta karoten, Asam Folat, Minyak dan Lemak, Lemak, Lemak tak Jenuh, Protein, Kalsium sebagai Mineral Ca, Serat Kasar dan Klorofil dan Mikrobiologi serta kadar Air dan Kadar abu

Kualitas komposisi nutrisi *C. vulgaris* terdapat pada Tabel 2. Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar beta karoten yaitu 437 mg/kg, Kalsium (Ca) 12,3 mg/100 g, lemak tak jenuh 0,44 mg/kl, protein 2,3%, Minyak dan Lemak 141 mg/L, serat kasar 1,40%, Klorofil A 2,70944 mg/L, Klorofil B 0,8424 mg/L dan Klorofil Total 3,5718 mg/l.

Karotenoid merupakan suatu kelompok pigmen organik berwarna kuning orange atau merah yang terjadi secara alami dalam tumbuhan yang melakukan fotosintesis. Karotenoid merupakan senyawa poliena isoprenoid yang tidak larut dalam air, mudah mengalami isomerasi dan oksidasi, menyerap cahaya dan dapat berikatan dengan molekul yang bersifat hidrofobik. Pigmen karotenoid mempunyai struktur alifatik dan alisiklik. Jenis karotenoid di antaranya adalah beta karotenoid (Gross, 1991).

C. vulgaris termasuk ke dalam famili Chlorophyta, pada umumnya mempunyai zat warna hijau walaupun ada di antara famili Chlorophyta tidak mempunyai zat warna hijau. Zat warna hijau ini merupakan hasil dari proses fotosintesa yang berupa klorofil.

Tabel 2. Pengujian Kadar Beta karoten, Minyak dan Lemak, Lemak, Protein, Kalsium sebagai Mineral Ca, Serat Kasar dan Klorofil

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	Beta karoten	mg / kg	437
2	Kadar abu	%	0,21
3	Kalsium (Ca)	mg /100 gram	12,3
4	Protein	%	2,3
5	Serat Kasar	%	1,40
6	Minyak dan Lemak	mg / L	141,0
7	<i>Khlorofil A</i>	mg / L	2,7094
8	<i>Khlorofil B</i>	mg / L	0,8424
9	<i>Khlorofil Total</i>	mg / L	3,5718
10	Kadar Air	%	95,46

Hasil dari pengujian (Tabel 2) menunjukkan bahwa kadar beta karoten yang terdapat pada *C. vulgaris* yaitu 437 mg/kg. Menurut Del Campo *et al* (2007) mikroalga merupakan sumber alami untuk berbagai senyawa penting termasuk pigmen, di antaranya astaxantin, kastaxantin dan loroxantin. Beta karotenoid merupakan bagian integral dari proses fotosintesis terdapat pada *C. vulgaris* yang berfungsi sebagai pigmen dan pelindung terhadap oksigen aktif yang terbentuk dari proses fotooksidasi.

Chlorella pyrenoides dan *C. vulgaris* merupakan penghasil beberapa jenis karotenoid seperti beta karoten, alpha karoten, lutein, zeaxantin, astaxantin dan neoxantin. *Chlorella pyrenoides* menghasilkan senyawa kasar 100 µg/g berat basah selnya (Kusmiati *et al*, 2010). Ditambahkan pula oleh Iwamoto (2004) setiap gram massa sel kering terkandung karotenoid total 7 mg (3,5 mg lutein; 0,5 mg alpha karoten; dan 0,6 mg beta karoten) dan 35 mg klorofil. Sedangkan karotenoid *C. vulgaris* hampir seluruhnya terdiri dari lutein (cha *et al*, 2008).

Pada Tabel 2. Hasil pengujian terhadap Kalsium (Ca) 12,3 mg/100. Unsur Ca berfungsi untuk pembentukan dinding sel dari *C. vulgaris* (Isnantyo dan Kurniastuty, 1995; Oh-Hama dan Miyachi, 1988) Di dalam penelitian ini sumber Ca berasal dari limbah cair, berdasarkan hasil analisa jumlah unsur Ca yaitu 16,6 mg/L. *C. vulgaris* melakukan biodegradasi unsur Ca yang terdapat di dalam limbah dan dipergunakan untuk pembentukan dinding sel sehingga dapat memperkuat struktur dari sel. *C. vulgaris* memiliki daya biosorbi yang kuat terhadap logam berat sehingga dapat dimanfaatkan untuk menetralkisir limbah industri (Kabinawa, 2001).

Sedangkan hasil uji protein, minyak lemak, klorofil a, klorofil b, berturut-turut pada *C. vulgaris* yaitu 2,3%; 141 mg/L; 2,7094 mg/L dan 0,8424 mg/L. Menurut Pranayogi (2003) mikroalga mempunyai komposisi nutrisi protein 30 – 55%, Karbohidrat 10 – 30 %, lemak 10 – 25 %, mineral 10 – 40 % dan asam nukleat 4 – 6 %. *C. vulgaris* merupakan salah satu mikroalga yang mempunyai jumlah klorofil yang sangat tinggi. Dengan komposisi nutrisi yang terdapat pada *C. vulgaris* dapat berpengaruh besar terhadap pertumbuhan ikan dan larva ikan.

Menurut Soletto (2005), mikroalga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kandungan nutrisi pakan. Kandungan protein, karbohidrat, lemak, vitamin, mineral dan asam amino essensial, enzim, betakaroten dan klorofil yang signifikan sebagai alternatif dalam

pemanfaatannya sebagai bahan baku pakan alami dan pakan buatan. Sedangkan menurut Becker (2005), Karbohidrat dalam mikroalga dapat ditemukan dalam bentuk pati, glukosa dan polisakarida lainnya.

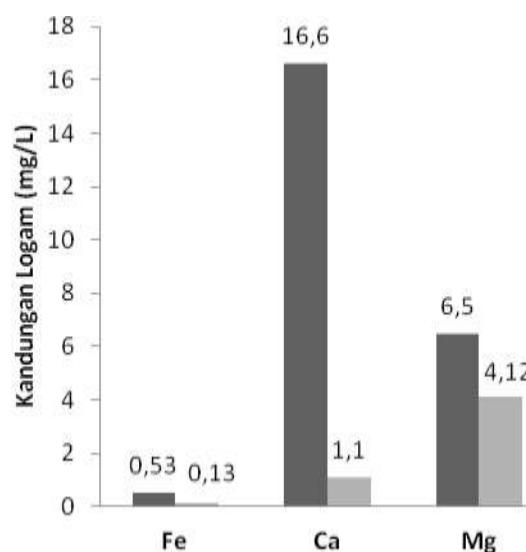
Pada umumnya alga mempunyai *khloroply*, tetapi tidak semuanya berwarna hijau karena tertutup oleh warna pigmen-pigmen lainnya. Pigmen yang terdapat dalam alga bermacam-macam yaitu *khlorophyl* (a,b,c,d,e), karoten (α , β , δ), *flavisin*, *xanthofil* (*lutein*, *zeaxatin*, *violaxantin* dan sebagainya), *fikobilin* (fikoeritrin r dan c, fikosianin r dan c) (Jutono, 1973). Sedangkan menurut Prescott (1993), dinding sel mikroalga hijau sebagian besar berupa selulosa. Meskipun ada beberapa yang tidak memiliki dinding sel. Mereka mempunyai klorophyl a dan beberapa karetinoid dan biasanya mereka berwarna hijau rumput. Pada saat kondisi budidaya menjadi padat dan cahaya terbatas, sel akan memproduksi lebih banyak klorophyl dan menjadi hijau gelap. Kebanyakan mikroalga hijau menyimpan zat tepung sebagai cadangan makanan meskipun ada diantaranya menyimpan minyak atau lemak. Contoh spesies dalam kelompok *chlorophyta* termasuk di antaranya *chlamydomonas*, *chlorogonium*, *pyrobothrys*, *scenedesmus*, *chlorogonium*, *pyrobothrys*, *scenedesmus*, *Volvox*, *Oocytis*, *C. vulgaris*.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa hasil pengujian kadar protein 2,3%, dengan nilai kadar air 95,46% sedangkan SNI 01-3136-1992 menetapkan persyaratan kadar protein 40% b/b dan kadar air 10% untuk protein sel tunggal atau *single cell protein* pakan terdapat perbedaan yang sangat signifikan terhadap hasil pakan ikan yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena pakan ikan yang dihasilkan dan dibutuhkan dalam fase cair sehingga terjadi pengenceran yang sangat signifikan sebanyak 41,50 kali pengenceran.

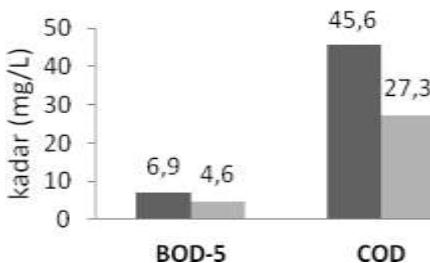
Perbandingan Kualitas Air Limbah Sebelum dan Sesudah Diolah dengan Menggunakan *Cholrella vulgaris* sebagai Agent Biodegradasi.

C. vulgaris mempunyai struktur yang hampir sama dengan tumbuhan, salah satunya adalah dinding sel. *C. vulgaris* mempunyai dinding sel yang tersusun selulosa. Beberapa jenis *C. vulgaris* mempunyai dinding sel yang tersusun atas selulosa dan sporopollenin yang juga terdapat di dalam spora dan serbusk sari yang merupakan suatu biopolimer dari karotenoid yang mempunyai kemampuan resisten terhadap degradasi enzim dan polutan. Sporopollenin juga mempunyai kemampuan untuk mengadsorbsi ion logam dari suatu larutan membentuk kompleks logam dengan *ligan*. Hal ini menyebabkan alga hijau disebut sebagai *filter feeder*, yaitu organisme yang mampu menyaring partikel dari suspensi di lingkungan hidupnya (Sunarto, 2008).

Pada Gambar 3 terlihat *C. vulgaris* dapat memanfaatkan secara signifikan unsur Fe, Ca dan Mg yang terdapat di dalam limbah berturut-turut 0,53 mg/L; 16,6 mg/L; dan 6,5 mg/L menjadi 0,13 mg/L; 1,1 mg/L dan 4,12 mg/L. Unsur – unsur tersebut merupakan unsur hara mikro yang dibutuhkan oleh *C. vulgaris* untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya.



Gambar 3. Penurunan Kandungan Logam Berat Fe, Ca dan Mg pada Limbah Sebelum dan Sesudah Diolah



Gambar 4. Grafik Penurunan Nilai BOD dan COD pada Limbah Sebelum dan Sesudah Diolah

Selain unsur logam Fe, Ca dan Mg, parameter BOD, COD dan NH_3 juga mengalami penurunan signifikan (Gambar 4) dan (Gambar 5) nilai BOD_5 dan COD secara berturut – turut dari 6,9 mg/L dan 45,6 menjadi 4,6 mg/L dan 27,3 mg/L sedangkan NH_3 mengalami penurunan secara signifikan dari 14,11 mg/L menjadi 0,105 mg/L.

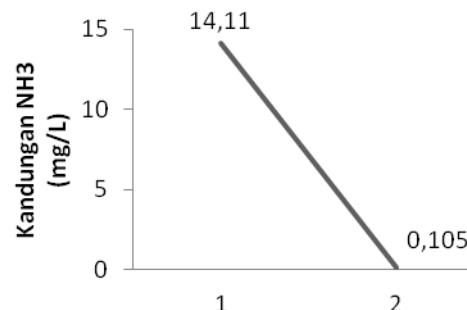
Di dalam limbah cair karet banyak terdapat senyawa organik hal ini yang menyebabkan nilai BOD, COD dan NH_3 masih relatif tinggi tetapi senyawa organik ini dapat digunakan oleh *C. vulgaris* sebagai sumber hara makro dan mikro.

Unsur hara makro dan mikro biasanya diberikan dalam bentuk senyawa. Unsur makro adalah unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah yang relatif banyak. Unsur hara makro yang dibutuhkan oleh *C. vulgaris* berupa Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K).

Unsur N berasal dari NH_3 yang terdapat di dalam limbah dapat digunakan oleh *C. vulgaris* untuk pertumbuhan hidupnya terutama dalam pembentukan asam amino yang selanjutnya akan diubah menjadi protein. Protein merupakan suatu komponen utama penyusun dinding sel.

Unsur N diberikan dalam bentuk NH_4NO_3 , NH_2PO_4 dan NH_2SO_4 , berfungsi untuk protein, lemak dan pembentukan sel secara vegetatif. Unsur P diberikan dalam bentuk KH_2PO_4 , berfungsi untuk metabolisme energi, stabilisator membran sel, pengaturan metabolisme alga seperti sintesa protein, pengaturan produksi pati dan amilum, pembentukan protein, karbohidrat dan membentuk struktur sel. Sedangkan unsur K berfungsi untuk memperkuat struktur sel

dan memperlancar metabolisme dan penyerapan makanan (Becker, 1994 ; Andersen, 2005).



Gambar 5. Penurunan Amoniak (NH_3) pada Limbah Sebelum (1) dan Sesudah Diolah (2)

Perbandingan hasil uji yang dilakukan terhadap limbah sebelum dan sesudah diolah (Tabel. 3)

Tabel 3. Perbandingan Air Limbah Sebelum dan Sesudah Diolah dengan Menggunakan *C. vulgaris*

Parameter (mg/l)	Limbah sebelum Diolah	Limbah Sesudah Diolah
NH_3	14,11	0,105
BOD_5	6,9	4,6
COD	45,6	27,3
Besi (Fe)	0,53	0,13
Kalsium (Ca)	16,6	1,1
Magnesium (Mg)	6,5	4,12
Mangan (Mn)	0,09	0,01

KESIMPULAN

Hasil pengujian kadar protein dan kadar air pakan ikan *C. vulgaris* berturut-turut yaitu 2,3% dan 95,46%. Pakan ikan yang menggunakan *C. vulgaris* mempunyai nutrisi yang dibutuhkan oleh larva ikan dan ikan untuk pertumbuhannya seperti lemak tak jenuh 0,44 mg/kg; protein 2,3%; minyak lemak 141 mg/L; klorofil a 2,7094 mg/L; klorofil b, 0,8424 mg/L.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut cara pemanenan yang tepat untuk *C. vulgaris* untuk mengatasi kehilangan

biomassa yang cukup besar. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut kemasan untuk penanganan pasca panen produk pakan alami ikan yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amini, S., dan Syamididi. (2006). Konsentrasi Unsur Hara pada Media dan Pertumbuhan *C. vulgaris* dengan pupuk Anorganik Teknis dan Analis. *Jurnal Perikanan (Journal of Fisheries Sciences)*. VIII(2): 201-2006.
- Andersen, R.A. (2005). *Alga Culturing Technique*. UK: Elsevier Academic Press.
- Badan Standardisasi Nasional. (1992), *Protein Sel Tunggal untuk Pakan. Standar Nasional Indonesia Nomor 01-3136-1992*. Jakarta: Dewan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (1992), *Air dan Air Limbah. Standar Nasional Indonesia Nomor 06-6989.10-2004*. Jakarta: Dewan Standardisasi Nasional.
- Bold, H.C., and Michael J.W., (1985). *Introduction to The Algae Structure and Reproduction. Second Edition*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River.
- Becker, E.W. (1994). *Microalgae Biotechnology and Microbiology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Becker, E.W. (2005). *Microalgae Biotechnology and Microbiology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cha, K.H., Koo, S.Y., Lee, D.U. (2008). Antiproliferative effects of Carotenoids extracted from *Chlorella ellipsoidea* and *C. vulgaris* on Human Colon Cancer. *J. Agrifood Chem.* 56.
- Chen, C.Y., (2001). Immobilized Microalga *scenedesmus quadricauda* (Chlorophyta, Chlorococcales) for long term storage and for application in fish culture water quality control. *Aquaculture*. 195(1-2).
- Del Campo, A.J., Gonzales, G., Guererro, M.G. (2007). Outdoor Cultivation of Microalgae for Carotenoids Production: Current State and Perspektif. *Appl. Microb. Biotechnol.* 74: 1163-1174.
- Erlina, A., Sri, A., Endrawati, H., Zainuri, M. (2004). Kajian Nutritif Phytoplankton Pakan Alami pada Sistem Kultivasi Massal. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 9(4): 206-210.
- Greene, B.M., McPherson, R., Henzi, M., Alexander, M.D., dan Darnall, D.W. (1986). Interaction of Gold (I) and Gold (III) Complexes with Algal Biomass. *Environ. Sci. Technol.* (20)6.
- Gross, J. (1991). *Pigment in vegetables: Chlorophylls and Caretonoids*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Haryoto, dan Wibowo, A. (2004). Kinetika Bioakumulasi Logam Berat Kadmium oleh Fitoplankton *C. vulgaris* Lingkungan Perairan Laut. *Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi*. (5)2.
- Isnantyo, A., dan Kurniastuty, (1995), Teknik Kultur Fitoplankton dan Zooplankton. Yogyakarta: Kanisius.
- Iwamoto, H. (2004). *Industrial Production of Microalgae Cell Mass and Secondary Products Major Industrial Species: Chlorella* dalam Richmond, H. (2004). *Handbook of Microalgae Culture : Biotechnology and Applied Phycology*. New Jersey: Blackwell Publishing.
- Jutono. (1973). *Pedoman Praktikum Mikrobiologi Umum untuk Perguruan Tinggi*. Yogyakarta: Departemen Mikrobiologi Fakultas Pertanian UGM.
- Kabinawa, I.N.K. (2001). *Mikroalga sebagai Sumber Daya Hayati (SDH) perairan dalam Perspektif Bioteknologi*. Bogor: Puslitbang Bioteknologi LIPI.
- Kusmiati, Agustini, N.W.S., Tamat, S.R., Irawati, M. (2010). Ekstraksi dan Purifikasi Senyawa Lutein dari Mikroalga *Chlorella pyrenoides* Galur Lokal Ink. *Jurnal Kimia Indonesia*. (5).
- Muchlisin, Z.A., Ahmad, D., Rina, F., Muhamadar, dan Musri, M.

- (2003). Pengaruh beberapa jenis pakan alami terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan larva ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Biologi*. 2(3).
- Prescott, G.W., Jhon, P.H., and Donald, A.K. (1993). *Microbiology*. England: WCB Publisher.
- Pranayogi, D. (2003). *Studi Potensi Pigmen Khlorofil dan Karotenoid dari Mikroalga Chlorophyceae*. Lampung: Universitas Lampung.
- Sunarto, (2008). *Karakteristik Biologi dan Peranan Plankton bagi Ekosistem Laut*. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Solleto, D., Binaghi, L., Lodi, A., Carvalho, J.C.M., and Converti, A. (2005) Batch dan Fed Batch Cultivations of *Spirulina planteis* using Ammonium Sulphate and Urea as Nitrogen Sources. *Aquaculture*. 243(1): 217-224.
- Wirosaputro. S. (2002). *Cholrella untuk Kesehatan Global*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Yadial, S.C., Sri, A., Lestari, S.D. (2012). *Kultivasi C. vulgaris pada Media Tumbuh yang Diperkaya dengan Pupuk Anorganik dan Soil Extract*. Jakarta: Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan (BBRPPBKP).

