**KAJIAN PERTUMBUHAN MIKROALGA *Spirulina* sp. PADA MEDIA LIMBAH CAIR INDUSTRI KARET REMAH YANG DIATUR SALINITASNYA**

**Microalgae Growth Study of *Spirulina sp*. in the Wastewater of Crumb Rubber Industry Media by Salinity Adjusted**

**Otik Nawansih1), Sri Hidayati1), Tanto Pratondo Utomo1), Riki Satria Rainaudi 2)**

1. *Dosen 2) Alumni JurusanTeknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung*

*Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, Lampung 35145*

Email :[otiknawansih@yahoo.co.id](mailto:otiknawansih@yahoo.co.id)

**ABSTRACT**

This research aim was to determine the optimal salinity of crumb rubber wastewater as a medium for growth and production of *Spirulina* sp. Crumb rubber wastewater salinity adjusted to 0 ppt, 10 ppt, 20 ppt, 30 ppt, and 40 ppt (75 % v/v) and then 25% v/v inoculum of *Spirulina* sp. cultivated in an open pond reactor with a worked volume of 5 L for 7 days. The results of this study indicated that the most optimal salinity was 20 ppt. The yield was dry biomass up to 0.579 g / L and cell density level reaching 11,330 cells / mL and able to reduce N-total content by 69.3% and P-PO4 by 50%. The biomass had protein content of 42.72%, fat content of 5.05%, ash content of 36.79%, water content of 11% and carbohydrate content of 4.42%.

Keyword : Crumb Rubber Wastewater, Microalga, Salinity, *Spirulina sp.*

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui salinitas optimal media limbah cair industri karet remah sebagai media pertumbuhan dan produksi biomassa *Spirulina* sp. Penelitian ini dilakukan dengan menyiapkan 5 media pertumbuhan *Spirulina* sp*.*berupa limbah cair industri karet yang diatur salinitasnya 0 ppt, 10 ppt, 20 ppt, 30 ppt, dan 40 ppt. Masing-masing media (75% v/v)di kultivasi inoculum *Spirulina* sp.Sebanyak 25% v/v dalam reaktor *open pond* dengan volume kerja 5 L selama 7 hari. Pengamatan yang dilakukan adalah kepadatan sel setiap hari, kandungan N total dan P-PO4, DO, COD dan pH sebelum dan setelah kultivasi serta biomasa. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa media limbah cair industri karet remah dengan salinitas 20 ppt paling optimal untuk meningkatkan produksi biomassa *Spirulina* sp. dengan perolehan biomassa kering mencapai 0,579 g/L dan tingkat kepadatan sel mencapai 11.330 sel/mL serta mampu menurunkan kandungan N-total sebesar 69,3% dan P-PO4 sebesar 50 %. Biomasa yang dihasilkan mempunyai kadar protein sebesar 42,72%, kadar lemak sebesar 5,05%, kadar Abu sebesar 36,79%, kadar air sebesar 11 % dan kadar karbohidrat 4,42%.

Kata kunci : Limbah cair industry karet, Mikroalga, Salinitas, *Spirulina* sp.

**PENDAHULUAN**

Limbah cair industri karet remah mengandung senyawa nitrogen sebesar 100-300 mg/L N-NH3 dan senyawa fosfor sebesar 20-40 mg/L P-PO4 (Utomo et al, 2012). Senyawa-senyawa organik berupa nitrogen dan fosfor dalam limbah cair industri karet remah dapat digunakan mikroalga sebagai sumber hara. Beberapa jenis mikroalga yang sudah berhasil dikultivasi pada limbah cair industri karet remah adalah *Chlorella* (Sriharti, 2014), *Chlorella pyrenoidosa* ( Zulfarina et al., 2013), *Botryococcus braunii, Spirulina sp., Tetraselmis sp.* dan *Nannochloropsis* sp. (Nawansih et al., 2015). Berdasarkan penelitian Utomo et al. (2015), media limbah cair karet remah yang paling optimum sebagai media pertumbuhan mikroalga *Nannochloropsis* sp. adalah limbah cair karet remah yang berasal dari kolam Fakultatif II tanpa penambahan nutrien dari luar.

Mikroalga dibudidayakan untuk mendapatkan biomasa sel yang kaya akan nutrisi*.* Kandungan nutrisi dalam setiap jenis mikrolaga berbeda-beda. Biomassa mikroalga kaya nutrien antara lain asam lemak omega 3 dan 6, asam amino esensial (leusin, isoleusin, valin, dan lain-lain), dan karoten. Beberapa jenis mikroalga juga memiliki kandungan protein yang tinggi. Asam amino pada mikroalga lebih baik jika dibandingkan dengan sumber protein makanan yang lain (Hasanah, 2011). Selain itu jika dibandingkan dengan sumber lain seperti yeast maupun fungi, mikroalga memiliki keunggulan di aspek keamanannya. Jika di bandingkan dengan protein bersel tunggal yang bersumber dari mamalia, mikroalga lebih unggul di bidang efisiensi dan kemudahan dalam produksinya (Nur, 2014). *Spirulina platensis* merupakan salah satu jenis mikroalga yang memiliki toleransi hidup yang luas terhadap media tumbuh, dapat tumbuh dengan baik di danau, air tawar, air laut, dan media tanah serta mudah dibudidayakan (Khoirunisa et al., 2012). *Spirulina* memiliki banyak manfaat dan juga keistimewaandiantaranya adalah sebagai sumber protein nabati, 100% bersifat alkali, mempunyai dinding sel yang lunak sehingga sangat mudah dicerna dan diserap oleh tubuh (Riyono, 2008).

Beberapa faktor penting yang diperlukan pada produksi mikroalga skala massal di antaranya: (1) intensitas cahaya, (2) suhu, (3) media pertumbuhan (4) pH, dan (5) salinitasi (Hadiyanto dan Azim, 2012; Widianingsih et al., 2011). Salinitas merupakan parameter oseanografi yang penting dalam pertumbuhan mikroalga khususnya mikroalga laut. Faktor salinitas sangat penting karena berpengaruh terhadap tekanan osmotik tubuh. Produktivitas dan daya adaptasi berbagai jenis mikroalga diduga berkaitan erat dengan tingkat salinitas lingkungannya (Rudiyanti, 2011). Salinitas limbah cair industri karet remah dari *outlet* kolam Fakultatif II 0 ppt sedangkan syarat salinitas untuk *Spirulina Platensis* 20-25 ppt (Christi, 2007). Dalam rangka implementasi pemanfaatan limbah cair industri karet untuk media kultivasi *Spirulina* sp. yang ekonomis perlu diteliti pengaturan salinitas yang tepat. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui salinitas limbah cair industri karet remah yang optimal sebagai media pertumbuhan dan produksi biomassa *Spirulina* sp.

**METODE PENELITIAN**

**Bahan dan Alat**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu reaktor terbuka yang terbuat dari *fiberglass* ukuran (35x14x19) cm dengan volume kerja 5 L yang dilengkapi dengan selang aerasi dan lampu TL 40 Watt; pH meter, DO meter, *sedgwick rafter,* *handcounter*, mikroskop, spektrophotometer Nova 60, labu takar, neraca analitik, plankton net.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair industri karet remah *outlet* kolam Fakultatif II yang berasal dari Instalasi Pengolahan Air Limbah PTPN VII Unit Usaha Way Berulu, kultur murni mikroalga *Spirulina* sp. yang diperoleh dari Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL), natrium klorida (NaCl), aquades.

**Pelaksanaan Penelitian**

Media limbah cair karet remah yang berasal dari Kolam Fakultatif II IPAL PTPN VII Way Berulu diatur salinitasnya dengan menambahkan NaCl sampai 0, 10, 20, 30, dan 40 ppt. Masing-masing media tersebut sebanyak 3750 ml (75% v/v) dimasukan reactor dan ditambahkan inokulum *Spirulina* sp*.* sebanyak 1250 ml(25% v/v)dan dikulvitasi selama 7 hari. Pemanenan dilakukan dengan menggunakan kain plankton net. Percobaan diulang 3 kali. Pengamatan yang dilakukan meliputi kepadatan sel harian (Amini dan Susilowati, 2010), N-total ( SNI 19-7030-2004), P-PO4 (SNI 06-6981,31-2005), pH (SNI 06-6989,11-2004), Salinitas (SNI 06-6989,14-2004), COD (APHA 5220 D-1989) sebelum dan setelah kultivasi dan pengamatan di akhir kultivasi adalah biomassa (Vonshak, 1997), kadar proksimat meliputi kadar protein (AOAC 960.52-1995), air (AOAC, 1995), lemak, abu dan karbohidrat (AOAC, 2005).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Kepadatan Sel *Spirulina sp*.**

Kepadatan sel merupakan indikator untuk mengetahui pertumbuhan mikroalga di dalam media kultur. Hasil pengamatan kepadatan sel *Spirulina* sp. selama 7 hari kultivasi dalam media limbah cair industri karet remah dengan salinitas yang sudah diatur disajikan pada Gambar 1.

Gambar 1. Kepadatan Sel *Spirulina sp*. selama 7 hari kultivasi pada media limbah cair karet remah dengan salinitas 0, 10, 20, 30, dan 40 ppt.

Pada media salinitas 20 ppt memiliki kepadatan sel tertinggi dibanding media salinitas lainnya dengan kepadatan optimum mencapai 11.330 sel/ml pada hari ke-7 kultivasi. Hal ini diduga karena salinitas media 20 ppt memenuhi syarat pertumbuhan optimum *Spirulina* sp. Syarat salinitas untuk mikroalga jenis *Spirulina* sp. tumbuh dengan baik yaitu 20-25 ppt (Christi, 2007). Sedangkan pada media salinitas 0 ppt dan 40 ppt pertumbuhan *Spirulina* sp. paling rendah. Menurut Ru’yatin et al. (2015), salinitas berpengaruh terhadap organisme dalam mempertahankan tekanan osmotik dengan lingkungannya. Apabila salinitas sudah sesuai maka akan terjadi keseimbangan tekanan osmosis antara sel *Spirulina* sp. dengan media limbah cair industri karet remah sehingga pertumbuhan dan perkembangan *Spirulina* sp*.* tidak terganggu. Sebaliknya pada media dengan salinitas yang ekstrim pertumbuhan sel akan terganggu.

Kepadatan sel optimum *Spirulina* sp. dari semua perlakuan salinitas berkisar antara 3000 sel/mL sampai 11500 sel/mL. Kepadatan sel tersebut lebih rendah dibandingkan kepadatan sel *Spirulina* sp*.* pada penelitian yang dilakukan oleh Budiardi *et al* (2010) yang mencapai 24000 sel/ml pada hari akhir kultivasi di dalam media air laut dengan perlakuan pencahayaan selama 18 jam. Pada penelitian ini ditemukan adanya protozoa yang memakan sel *Spirulina* sp*.* sehingga jumlah sel yang terhitung berkurang.

**Biomassa**

Perolehan biomassa pada media dengan salinitas 20 ppt paling besar yaitu 0,579 g/L dibandingkan perlakuan media lainnya (0,261-0,488 g/L). Hal ini setara dengan pertumbuhan/kepadatan sel yang terjadi. Hasil perolehan bobot kering biomassa pada penelitian ini lebih besar dibandingkan hasil penelitian Suharyanto et al.(2014) yaitu 0,25 g/L untuk jenis mikroalga *Spirulina* sp*.* yang dikultivasi dalam media limbah cair kelapa sawit dengan sistem fotobioreaktor kontinyu.

Hasil uji proksimat biomassa terbaik mempunyai kadar protein 42,74%, lemak 5,05%, abu 36,79%, air 11% dan karbohidrat 4,42%. Kandungan protein *Spirulina fusiformis* dalam medum Zarouk hasil penelitian Rafiqul et al. (2005) lebih tinggi mencapai 61,8%. Selain protein, kandungan lemak juga sangat bergantung pada jenis dan kondisi lingkungan. Menurut Cohen (1997), *Spirulina* sp. termasuk golongan *Cyanobacteria* yang memiliki kandungan lemak yang rendah, *Spirulina* sp. hanya mengandung 6-10% lemak yang setengahnya merupakan asam lemak. Kandungan lemak biomasa dalam penelitian ini (5,05%) relatif lebih rendah dibandingkan dengan kadar lemak pada umumnya. Kadar abu yang diperoleh pada penelitian ini sangat tinggi, yaitu 36,79% diduga karena tingginya kandungan garam pada media. Hal ini sejalan dengan pernyataan Sudarmadji (2007) yang menyatakan bahwa kadar abu ada hubungannya dengan mineral dalam bahan berupa garam.

**Derajat Keasaman (pH)**

Pada penelitian ini terjadi peningkatan pH pada semua perlakuan media limbah cair industri karet remah menjadi 7,8-10,5 setelah pemanenan. Kenaikan nilai pH dapat disebabkan oleh bertambahnya ion hidroksil dalam kultur akibat asimilasi CO2 dan HCO3- oleh *Spirulina* sp. Bertambahnya periode kultur mengakibatkan penurunan jumlah bikarbonat dan terjadi akumulasi karbonat dalam kultur. Akumulasi karbonat akan meningkatkan nilai pH pada kultur karena karbonat merupakan senyawa paling basa diantara senyawa C lainnya (HCO3- dan CO2) (Suantika dan Hendrawandi, 2009).

**Nitrogen Total**

Hasil pengukuran N-total sebelum kultivasi dan setelah pemanenan disajikan pada Gambar 2. Pada semua perlakuan salinitas menunjukkan terjadi penurunan kandungan N-total yang berkisar 64-69%. Ammonia (NH3) merupakan bentuk nitrogen utama yang terdapat dalam limbah cair industri karet remah. Amonia bersifat toksik dan tidak dimanfaatkan oleh mikroalga tetapi ammonia dapat dimanfaatkan oleh mikroalga apabila mengalami perubahan bentuk transisi dari ammonia menjadi ion ammonium.

Penurunan kandungan N-total pada semua perlakuan media kultivasi menunjukkan bahwa *Spirulina* sp. menggunakan nitrogen sebagai nutrien pertumbuhannya yaitu untuk proses sintesis protein dan pembentukan biomassa. Namun kandungan N-total setelah kultivasi masih terbilang cukup besar yaitu berkisar 1,40-1,64 mg/L. Hal ini diduga karena ada penambahan media baru untuk mempertahankan volume media tetap 5 L akibat terjadi evaporasi.

Gambar 2. Kandungan N-total pada berbagai kondisi salinitas media limbah cair industri karet remah.

**Ortophospat (P-PO4)**

Hasil pengukuran ortofosfat sebelum kultivasi dan setelah pemanenan disajikan pada Gambar 3. Terjadi penurunan kandungan P-PO4 pada semua perlakuan salinitas media limbah cair industri karet remah setelah dilakukan kultivasi *Spirulina* sp. Fosfor di dalam sistem perairan dapat dimanfaatkan oleh alga dan tumbuhan air berupa senyawa ortofosfat (Jones-Lee dan Lee, 2005). Penurunan P-PO4 pada semua perlakuan media limbah cair industri karet remah yaitu sebesar 50-58%. Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah cair industri karet remah dapat dimanfaatkan sebagai media tumbuh mikroalga dan juga dapat menurunkan kadar fosfat dalam air limbah dimana batasan fosfat untuk kesuburan perairan tidak melebihi 40 mg/L (Lapu, 1994).

Gambar 3. Kandungan P-PO4 pada berbagai kondisi media limbah cair industri karet remah sebelum dan setelah kultivasi.

**Salinitas.**

Limbah cair industri karet remah yang digunakan sebagai media kultur memiliki salinitas 0 ppt. Pada penelitian ini dilakukan pengkondisian salinitas sebagai perlakuan untuk setiap media kultur *Spirulina* sp. dengan berbagai ukuran salinitas yang ditentukan dari 0, 10, 20, 30, dan 40 ppt. Hasil pengukuran salinitas media limbah cair industri karet remah sebelum dan setelah kultivasi dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4. Salinitas pada berbagai kondisi media limbah cair industri karet remah sebelum kultivasi dan setelah kultivasi.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa pada semua perlakuan salinitas media limbah cair industri karet remah mengalami sedikit kenaikan 2-6 ppt. Pada penelitian Prabowo (2009), kultivasi *Chlorella* sp. pada medium air laut di ruangan semi terbuka selama 10 hari kultivasi mengalami peningkatan salinitas dari 32 ppt menjadi 36,1 ppt. Peningkatan salinitas pada penelitian ini diduga disebabkan terjadinya evaporasi selama 7 hari kultivasi namun kenaikan salinitas tersebut masih dalam batas toleransi media tumbuh *Spirulina.*

**Dissolved Oxygen (DO)**

DO limbah cair karet remah sebelum kultivasi untuk semua perlakuan 1,3 mg/L. Setelah dilakukan kultivasi selama 7 hari pada masing-masing perlakuan mengalami peningkatan yang cukup signifikan yaitu sebesar 74-80% yang berkisar antara 5,29-6,00 mg/L. Hasil DO yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dengan Standar baku mutu KEPMEN LH No. 51 tahun 2004 kisaran DO untuk kegiatan fitoplankton yaitu berkisar antara 5,47-7,00 mg/L. *Spirulina* sp. adalah mikroba fotosintetik yang menghasilkan oksigen selama proses fotosintesis. Menurut Hadiyanto et al., (2012), mikroalga menggunakan cahaya untuk bermetabolisme CO2 menjadi biomassa CH2O dengan bantuan sinar dan air sesuai dengan reaksi tersebut :

CO2 + H2O + cahaya → CH2O + O2

Reaksi tersebut disebut proses fotosintesis dimana oksigen juga dihasilkan sebagai hasil samping. Hal inilah yang membuat nilai DO pada semua perlakuan media limbah cair industri karet remah meningkat. Namun kenaikan DO akibat hasil fotosintesis mikroalga dikurangi oleh konsumsi oksigen terlarut bakteri aerobik pendegradasi bahan organik yang terdapat pada limbah cair karet. Selama kultivasi berlangsung diduga terjadi simbiosis mutualisme antara alga dan bakteri aerob dalam media limbah cair industri karet remah. Karbondioksida merupakan salah satu dari produk yang dihasilkan oleh metabolisme bakteri. Karbondioksida ini digunakan oleh alga selama proses fotosintesis, dan sebaliknya bakteri memanfaatkan oksigen yang dihasilkan oleh alga untuk mengoksidasi bahan organik dalam limbah (Siregar dan Hermana, 2012).

**Chemical Oxygen Demand (COD)**

Kadar COD pada saat setelah dilakukan kultivasi mengalami peningkatan dari 390 mg/L menjadi 480 mg/L. Hal ini diduga karena masih banyaknya senyawa organik didalam filtrat sehingga oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik lebih tinggi dan dapat meningkatkan nilai COD pada filtrat tersebut. Proses pemanenan *Spirulina sp*. pada penelitian ini menggunakan kain plankton net, sehingga diduga masih ada *Spirulina sp*. yang berukuran lebih kecil yang tidak ikut tersaring dan masih berada di dalam filtrat. Selain *Spirulina sp*. terdapat protozoa ataupun alga parasit yang berbentuk seperti benang di media limbah cair industri karet remah pada hari ke-7 kultivasi yang tidak ikut tersaring di kain plankton net. Sel *Spirulina sp*. dan alga parasit yang berbentuk benang dapat dilihat pada Gambar 5. Selain itu kenaikan COD filtrate juga diduga akibat kurang aktifnya bakteri aerobik mendegradasi bahan organik dalam media karena pH media yang tinggi (7,8-10) dan diindikasikan juga dari hasil pengamatan DO yang tinggi.



Gambar 5. Gambar filtrat setelah pemanenan dengan menggunakan mikroskop.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa media limbah cair industri karet remah dengan 5 salinitas (0 -40 ppt), salinitas 20 ppt paling optimal untuk produksi biomassa *Spirulina* sp. dengan perolehan biomassa kering mencapai 0,579 g/L dan tingkat kepadatan sel mencapai 11.330 sel/mL serta mampu menurunkan kandungan N-total sebesar 69,3% dan P-PO4 sebesar 50 %. Biomassa yang dihasilkan mempunyai kadar protein sebesar 42,72%, kadar lemak sebesar 5,05%, kadar Abu sebesar 36,79%, kadar air sebesar 11 % dan kadar Karbohidrat 4,42%.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Pada kesempatan yang baik ini kami mengucapkan terimakasih kepada Unila atas bantuan pembiayaan melalui DIPA BLU Fakultas Pertanian Unila TA 2018. Tim peneliti juga mengucapkan terimakasih kepada PTPN VII Unit Usaha Wayberulu yang telah mengijinkan untuk mengambil limbah cair industry karet sebagai media kultivasi serta BBBL Provinsi Lampung atas penyediaan fasilitas untuk pelaksanaan penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

Amini, S. dan Susilowati, R. 2010. Produksi biodiesel dari mikroalga *Botryococcus braunii*. Squalen Vol. 5 (1): 23-30.

AOAC ( Association of Official Analytical Chemist). 1995. *Official Methods Of Analysis*. Arlington, Inc. New York.

APHA (American Public Health Association). 1989. *Standard methods for the examination of water and waste water*. *American Public Health Association* (APHA). *American Water Works Association* (AWWA) *and Water Pollution Control Federation* (WPCF). 20th ed. Washington. 1193 hal.

Christi, J., (2007), Biodiesel from microalgae”, *Biotechnology Advances*, 25, hal 294–306

Cohen, Z. 1997. The Chemical of *Spirulina*. Di dalam Vonshak, A. (editor). *Spirulina Platensis* (*Arthospira*): Physiology, Cell Biology and Biotechnology. Taylor & Francis Ltd., Bristol, USA. Hlm. 175-204.

Hadiyanto dan Azim, M., 2012, Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan, Edisi Pertama. UPT Undip Press. Semarang.

Hadiyanto, M.M.A. Nur and Hartanto, G.D. 2012 a. Cultivation of Chlorella sp. as Biofuel Sources in Palm Oil Mill Effluent (POME). Int. Journal of Renewable Energy Development 1 (2) 2012: 45-49

Goldman, C. R., and J. Horne. 1983. *Limnology*. McGraw-Hill, New York.

Jones-Lee, A. dan Lee, G.F. 2005. Eutrophication (Excessive Fertilization). Water Encyclopedia: Surface and Agricultural Water. Wiley, Hoboken. 107-114 p.

Kepmen LH No.51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut.

Khoirunisa, E. Mutiah, E. dan Abdullah. 2012. Proses Kultivasi *Spirulina platensis* Menggunakan POME (*Palm Oil Mill Effluent)* Sebagai Media Kultur dalam Raceway Open Pond Bioreactor. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* 1(1): 264-269.

Lapu, P. 1994. Analisis beberapa kualitas sumber air tambak di Maranak, Kabupaten Maros,Sulawesi Selatan. Universitas Hasanudin. Sulawesi.46 p.

Nawansih, O., Utomo, T.P., dan Wulan, R.R. 2015. “Kemampuan Mikroalga yang Dikultivasi pada Limbah Cair Industri Karet Remah dalam Menghasilkan Biomassa dan Menurunkan Cemaran”. Proseeding Semnas Sain dan Teknologi VI LPPM Universitas Lampung 03-11-201

Nawansih, O, Utomo, T.P., dan Adriyanus .I.P. 2016. Kajian Produksi Biomassa *Tetraselmis* sp. Pada Media Limbah Cair Industri Karet Remah yang Diperkaya sebagai Bahan Baku Potensial Biodiesel. Universitas Lampung. Lampung Vol.4 No.1 Tahun 2016, ISSN 2354-5704.

Nur, M.M.A. 2014. *Potensi Mikroalga sebagai Sumber Pangan Fungsional di Indonesia.* Eksergi, 11(2), hlm 01-06.

Prabowo, D.A. 2009. Optimasi Pengembangan media untuk pertumbuhan *Chlorella sp.* pada skala laboratorium. (Skripsi). Institut Petanian Bogor. Bogor. 95 hlm.

Riyono, S.H. 2008. Ekstrak klorofil. *Jurnal Oseanografi* 2(24): 8-12.

Rudiyanti, S. 2011*.* Pertumbuhan *Skeletonema costatum* Pada Berbagai Tingkat salinitas Media. Jurnal Saintek Perikanan Vol. 6 No. 2(2011): 69 -76

Ru’yatin, I.S., Rohyani, dan Ali, L. 2015. Pertumbuhan *Tetraselmis* dan *Nannochloropsis* pada skala laboratorium. *Prosiding Seminar Nasional*.1 (2): 296-299.

Siregar, B.I.T., dan Hermana, J. 2012. Identifikasi dominasi genus alga pada air Boezem Morokembrangan sebagai sistem *High Rate Algae Pond* (HRAP).(paper). Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS. 34 hlm.

Suantika, G., Hendrawandi, D. 2009. Efektivitas Teknik Kultur menggunakan Sistem Kultur Statis, Semi-kontinyu, dan Kontinyu terhadap Produktivitas dan Kualitas Kultur *Spirulina sp. Jurnal Matematika dan Sains*. 14(2): 41-50.

Sudarmadji, S. 2007. Analisis Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty Press. Yogyakarta.

Suharyanto, Panji, T., Permatasari, S., dan Khaswar S. 2014. Produksi *Spirulina platensis* dalam fotobioreaktor kontinyu menggunakan media limbah cair pabrik kelapa sawit *Menara Perkebunan* 2014 82(1), 1-9, Bogor.

Utomo, T.P. Hasanudin, U, dan Suroso, E. 2012. *Agroindustri Karet Indonesia: Petani Karet dan Kelembagaan, Proses Pengolahan dan Kinerjanya, Selayang Pandang Karet Sintetis*. PT Sarana Tutorial Nurani Sejahtera. Bandung. 228 hlm.

Vonshak A. 1997. *Spirulina: Growth, Physiology and Biochemistry*, Bristol, USA. hlm. 46-47.

Widianingsih, R. Hartati, H. Endrawati, E. Yudiarti, dan Subagiyo. 2010. Kandungan Fatty acid pada Mikroalga Laut. FPIK UniversitasDiponegoro, Semarang.

Zulfarina, Sayuti, I., dan Putri, H.T. 2013. Potential utilization of algae *Chlorella pyrenoidosa* for rubber waste management. *Prosiding Semirata FMIPA*. Universitas Riau. Riau. 511-520.