**POTENSI MIKROALGA YANG DIKULTIVASI PADA MEDIA LIMBAH CAIR INDUSTRI KARET REMAH SEBAGAI SUMBER PROTEIN**

*(Potential of Microalgae Cultivated in Crumb Rubber Industrial Wastewater as a Source of Protein)*

**Otik Nawansih1), Tanto Pratondo Utomo1) , Sri Hidayati 1) dan Siti Zuhrotul Munawaroh 2)**

1. Dosen Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, Lampung 35145. Email : otiknawansih@yahoo.co.id
2. Alumni Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

**ABSTRAK**

Mikroalga merupakan salah satu agen biologi akuatik yang dapat tumbuh dalam kondisi pertumbuhan alternatif dengan daya adaptasi yang kuat. Limbah cair karet mengandung bahan organik dan nutrien (N dan P) yang tinggi dapat digunakan sebagai media pertumbuhan mikroalga tanpa penambahan nutrisi. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan jenis mikroalga yang dikultivasikan pada media limbah cair karet yang paling berpotensi dalam menghasilkan biomassa dengan kadar protein tinggi sekaligus dapat menurunkan cemaran. Tiga jenis mikroalga (*Spirulina* sp., *Dunaliella* sp. dan *Tetraselmis* sp.). sebanyak 25% (v/v) dibiakan dalam media limbah cair industri karet remah dengan sistem *open pond* selama 7 hari. Pengamatan yang dilakukan yaitu kepadatan sel setiap hari, biomassa, kadar protein, salinitas, DO, pH, N-NH3 dan P-PO4. Hasil penelitian ini menunjukan bahwa *Spirulina* sp. dengan kepadatan sel mencapai 3878 x 104 sel/mL, mampu menghasilkan biomassa tertinggi yaitu sebesar 1,7282 g/L dengan kadar protein 12,13%, serta mampu menurunkan beban cemaran N-NH3 sebesar 94% dan P-PO4 sebesar 71%.

Kata Kunci: *Spirulina* sp., *Dunaliella* sp., *Tetraselmis* sp., Limbah Cair Industri Karet Remah, Protein

**ABSTRACT**

Microalgae are aquatic biological agents that can grow in alternative growth conditions with strong adaptability. Crumb rubber wastewater contain high organic matter and nutrients primarily nitrogen and phosphate that can be used as a medium for the growth of microalgae without the addition of nutrients. The purpose of this study was to find the type of microalgae cultivated in crumb rubber waste water medium with the most potential for producing biomass, contains the highest level of protein, and able to reduce pollution. Three types of microalgae (*Spirulina sp., Dunaliella sp., and Tetraselmis sp.*) with the concentration of 25% (v/v ) were cultivated in crumb rubber wastewater media with an open pond system for 7 days. The parameters observed were cell density, biomass, protein content, salinity, DO, pH, N-NH3, and P-PO4. The results showed that *Spirulina* sp. was found to be the most potential microalgae as indicated by the highest biomass production and protein content (1.7282 g/L and 12.13%), and its ability to reduce N-NH3, and P-PO4. pollutan by 94% and 71%.

Keywords: *Spirulina* sp., *Dunaliella* sp., *Tetraselmis* sp., *Crumb rubber* *Wastewater, Protein*

**PENDAHULUAN**

Mikroalga merupakan salah satu agen biologi akuatik yang dapat tumbuh dalam kondisi pertumbuhan alternatif dengan kondisi daya adaptasi yang kuat. Beberapa hasil penelitian (Sriharti, 2004; Zulfarina dkk., 2013; Kumalasari, 2015; Nawansih, dkk., 2015; Nawansih, dkk., 2016) menyatakan bahwa mikroalga mampu dikultivasikan pada limbah cair industri karet remah. Limbah cair industri karet remah berbahan baku lateks segar mengandung senyawa nitrogen sebesar 100-300 mg/l N-NH3 dan fosfor sebesar 20 mg/l P-PO4. Limbah cair industri karet remah yang diambil dari kolam fakultatif II lebih baik sebagai media kultivasi mikroalga dibanding limbah yang diambil dari kolam aerobik 1, kolam aerobik 2 dan kolam fakultatif 1 (Kumalasari, 2015; Nawansih, dkk., 2016). Hasil penelitian Nawansih dkk., 2016 juga membuktikan tanpa penambahan nitrogen, limbah cair dari kolam fakultatif 2 sudah sesuai untuk pertumbuhan mikroalga. Limbah cair industri karet mempunyai salinitas yang rendah (nol), peningkatan salinitasnya sampai 30 ppt efektif meningkatkan pertumbuhan mikroalga.

Beberapa jenis mikroalga yang sudah berhasil dikultivasi pada limbah cair industri karet remah adalah *Chlorella* ( Sriharti, 2004), *Chlorella pyrenoidosa* (Zulfarina dkk., 2013), *Botryococcus braunii*, *Tetraselmis* sp. dan *Nannochloropsis* sp. (Nawansih, dkk., 2015). Tujuan kultivasi mikroalga adalah untuk menurunkan cemaran bahan organik, mendapatkan biomasa sebagai bahan baku biodiesel/sumber protein.

Beberapa jenis mikroalga memiliki kandungan protein yang tinggi (46-71% bk) diantaranya *Scenedesmus obliqus, Chlorella vulgaris, Chlorella pyrenoidosa, Spirulina plantesis, Spirulina maxima, Dunaliella salina* dan *Tetraselmis sp.* Asam amino pada mikroalga lebih baik jika dibandingkan dengan sumber protein makanan yang lain (Hasanah, 2011).

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan jenis mikroalga yang mempunyai potensi sebagai sumber protein yang mampu beradaptasi dengan media limbah cair industry karet remah dan mampu menurunkan beban cemaran.

**METODE**

**Bahan dan Alat :**

Limbah cair industri karet diambil dari kolam fakultatif 2 IPAL PTPN VII Unit Usaha Way Berulu, kultur alga murni *Spirulina* sp., *Dunaliella* sp. dan *Tetraselmis* sp. diperoleh dari koleksi Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung, aquades, sodium arsenit, brucine, larutan oksidator, larutan fenol, larutan H3PO4, larutan H2SO4, NH4Cl, NaOH, SnCl2, ammonium molibdat, K2Cr2O7, HgSO4.

Reaktor terbuka dari *fibreglass*  ukuran (35x14x19)cm dengan volume kerja 5 L, aerator dan seperangkat alat untuk analisis : pH meter, DO meter, haemacytometer, sedgwick rafter colony counter, mikroskop, HACH spektrofotometer, DRB 200, *vial* HACH, gelas ukur, erlenmeyer, labu takar, cuvet, pipet mikro, pipet tetes, spatula, oven, desikator, neraca analitik, alumunium foil, kertas saring dan kain satin.

**Metode Penelitian :**

*Spirulina* sp., *Dunaliella* sp. dan *Tetraselmis* sp. sebanyak 25% dikultivasikan selama 7 hari ke dalam reaktor terbuka volume 5 liter yang berisi media limbah cair karet. Pemanenan dilakukan dengan cara pengendapan menggunakan NaOH (0,2 ml NaOH/I Liter mikroalga) selama 12 jam. Selanjutnya dilakukan penyaringan menggunakan dua lapis kain satin, yield dikeringkan menggunakan oven. Percobaan diulang tiga kali. Pengamatan yang dilakukan setiap hari yaitu kepadatan sel (Amini dan Susilowati, 2010). Pengamatan sebelum dan sesudah kultivasi meliputi analisis N-NH3( SNI 19-6964.3-2003), P-PO4 (SNI 06-6981,31-2005), pH (SNI 06-6989,11-2004), Salinitas dan DO (SNI 06-6989,14-2004) dan pengamatan di akhir kultivasi adalah biomassa (Vonshak,2004), kadar protein. Data yang diperoleh selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik yang kemudian dianalisis secara deskriptif.

**Pelaksanaan penelitian:**

Media limbah cair industri karet remah dimasukan kedalam reactor terbuka volume kerja 5 liter yang dilengkapi aerator. Aerator berfungsi untuk menjamin pasokan CO2 dalam media, mencegah pengendapan sel supaya mikroalga tetap tersuspensi dan menstabilkan pH dlam media.

Pembiakan kultur dilakukan secara bertahap dari volume kecil ke volume yang lebih besar (Amini dan Susilowati, 2010). Kultur awal dikultivasikan secara *indoor* pada media air laut dengan memasukkan 1/3 bagian bibit mikroalga ke dalam erlenmeyer dengan volume media kultur 100–300 mL . Selanjutnya apabila kepadatan mikroalga telah mencapai maksimal,

Analisis:

pH

N-NH3

P-PO4

DO

Salinitas

Analisis:

pH

N-NH3

P-PO4

DO

Salinitas

Persiapan media limbah cair karet remah

Kultivasi 1/3 bibit mikroalga di media air laut volume 1000 mL

Kultivasi 1/3 bibit mikroalga di media air laut dan LCKR 25% volume 2000 mL

Kultivasi 1/3 bibit mikroalga di media air laut dan LCKR 50% volume 6000 mL

Kultivasi pada limbah cair karet fakultatif II 3750 mL dengan penambahan 1250 mL (25%) alga v/v selama 7 hari

Pemanenan mikroalga dengan NaOH

Filtrat

Pengamatan:

Berat Kering

Kadar Protein

Pengamatan:

Kepadatan sel

Gambar 1. Diagram alir penelitian (Wulan, 2015) dimodifikasi.

kultur dapat dipindahkan dalam media dengan volume lebih besar (500–1000 mL). Setelah satu minggu kultur dapat dipindahkan ke volume yang lebih besar lagi (6000 mL).

Kultivasi mikroalga dilakukan dalam media limbah cair karet menggunakan metode sistem reaktor terbuka *(Open pond system)*. Bibit mikroalga sebanyak 25% v/v (1250 mL) dimasukan dalam media limbah cair karet sebanyak 3250 mL lalu dikultivasikan selama 7 hari dengan pengukuran kepadatan sel setiap hari. Setelah 7 hari kultivasi, mikroalga dipanen untuk menghasilkan biomassa basah maupun kering. Pemanenan dilakukan dengan cara flokulasi menggunakan NaOH (1 L mikroalga: 0,2 mL NaOH). Setelah terjadi pengendapan dilakukan proses filtrasi atau penyaringan menggunakan dua lapis kain satin selama beberapa jam. Setelah semuanya tertampung dalam kain satin, hasil panen dikeringkan menggunakan oven untuk menghilangkan sebagian kandungan air yang tersisa. Selanjutnya *yield* ditimbang menggunakan neraca analitik (Kawaroe *et al.,* 2012).

**DISKUSI**

## Kepadatan Sel Mikroalga

Kepadatan sel selama 7 hari kultivasi mencerminkan pertumbuhan mikroalga dapat dilihat pada Gambar 2. *Spirulina* sp. dan *Dunaliella* sp. memiliki daya adaptasi pada media limbah cair karet yang lebih baik dibanding *Tetraselmis* sp. *Spirulina* sp. merupakan mikroorganisme autrotrof berwarna hijau-kebiruan dengan sel berkolom membentuk filamen terpilin menyerupai spiral (helix). *Spirulina* sp. memiliki ukuran lebar spiral antara 26-36 μm dan panjang spiralnya antara 43-57 μm (Yudiati *et al*., 2011). Suatu filamen dengan 7 spiral akan mencapai ukuran 1000 mikron dan berisi 250-400 sel. Semakin besar dan banyak jumlah sel semakin mudah nutrien yang ada pada media dimanfaatkan langsung oleh mikroalga. *Spirulina* sp. mampu dikultivasikan pada salinitas di bawah salinitas habitatnya yaitu 15-30 ppt. *Dunaliella* sp. mempunyai kemampuan osmoregulasi, dapat mensintesa secara terus menerus sehingga mampu merespon berbagai kondisi salinitas lingkungan sehingga *Dunaliella* sp. masih dapat tumbuh pada kondisi salinitas yang cukup ekstrim.

Gambar 2. Kepadatan sel mikroalga *Spirulina* sp., *Dunaliella* sp. dan *Tetraselmis* sp. selama 7 hari kultivasi

Sedangkan kepadatan sel *Tetraselmis* sp. selama 7 hari kultivasi nyaris tidak meningkat. Menurut Wulan (2015), selain ukuran selnya yang lebih besar, *Tetraselmis* sp. memiliki kemampuan mereduksi bahan organik yang cukup tinggi sehingga pada hari ke 4 *Tetraselmis* sp. mengalami penurunan kepadatan sel lebih cepat di banding *Spirulina* sp. dan *Dunaliella* sp. Di duga *Tetraselmis* tidak mampu beradaptasi terhadap salinitas limbah cair industri karet remah yang rendah. Laju pertumbuhan yang baik ditandai peningkatan kepadatan sel dapat menghasilkan produktivitas biomassa yang tinggi.

## Biomassa

Biomassa merupakan berat kering mikroalga setelah pemanenan dan disajikan pada Gambar 3. Hasil perolehan biomassa tertinggi yaitu pada jenis mikroalga *Spirulina* sp. sebesar 1,7282 g/L. Hasil perolehan bobot kering biomassa pada penelitian ini lebih besar dari hasil penelitian Suharyanto *et al* (2014) untuk jenis mikroalga *Spirulina* sp. yaitu 0,25 g/L dengan media limbah cair kelapa sawit kultivasi sistem fotobioreaktor kontinyu. Hasil penelitian Weldy dan Huesemann (2007) untuk *Dunaliella* sp. hanya mencapai 0.95 g/L dengan media yang digunakan yaitu modifikasi DR. Pole. Sedangkan biomassa *Tetraselmis* yang dihasilkan pada penelitian ini juga lebih besar di banding hasil penelitian Wulan (2015) dan Nawansih, dkk (2016) untuk *Tetraselmis* sp. hanya mencapai 0,5274 g/L dan 0,3048 g/L dengan media yang digunakan yaitu LCKR Fakultatif II tanpa pengadaptasian kultur.

Gambar 3. Biomassa hasil pemanenan setelah 7 hari kultivasi

Menurut Rufaida (2008) dalam Abdurrachman et al. (2013), produktivitas biomassa mikroalga yang tinggi dipengaruhi oleh kepadatan mikroalga. Semakin tinggi kepadatan sel pada mikrolga akan menghasilkan produktivitas biomassa yang optimal. Berdasarkan hasil perolehan biomassa ketiga jenis mikroalga berbanding lurus dengan jumlah kepadatan sel mikroalga tersebut. Semakin tinggi jumlah kepadatan selnya maka semakin besar perolehan biomassanya.

## Kadar Protein

Kadar protein mikroalga (bk) tertinggi pada penelitian ini sebesar 14,29% pada jenis mikroalga *Dunaliella* sp, diikuti *Spirulina* sp.12,13% dan *Tetraselmis* sp. hanya 3,22% (Gambar 4). Kadar protein tersebut jauh lebih rendah dibandingkan hasil penelitian Handayani dan Ariyanti (2012) untuk jenis mikroalga *Spirulina* sp., *Dunaliella* sp. dan *Tetraselmis* sp. yang dikultur pada media air laut yaitu sebesar 60-71% , 49-57% dan 52% . Nitrogen yang terdapat pada media limbah cair karet remah telah dimanfaatkan oleh mikroalga dengan baik, hal ini ditunjukkan dengan tingginya kepadatan sel serta kadar protein *Dunaliella* sp. dan *Spirulina* sp. Nitrogen merupakan makronutrien yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga dalam aktifitas metabolisme sel seperti katabolisme maupun asimilasi khususnya biosintesis protein (Borowitzka, A.M., dan Lesly B. J, 1988). Mikroalga membentuk protein dalam tubuh dengan mengambil nutrien yang dibutuhkan untuk pembentukan protein dari luar tubuhnya seperti NO3- .

Komposisi nutrien yang lengkap dan konsentrasi nutrien yang tepat menentukan produksi biomassa dan kandungan gizi mikroalga. Rendahnya kandungan protein yang dihasilkan pada penelitian ini diduga karena rendahnya kandungan nitrogen pada media kultivasi. Konsentrasi nitrogen dalam NaNO3 yang rendah akan mengakibatkan rendahnya jumlah protein dalam mikroalga, karena dalam proses sintesis asam amino nitrogen diperlukan sebagai penyusun protein dalam sel (Colla *et al.,* 2005 *dalam* Suminto, 2009).

Menurut Vonshak*.* (2004), setiap jenis mikroalga memiliki perbedaan komposisi protein dalam komposisi biokimia pada tubuhnya, hal tersebut menyebabkan kandungan protein yg dihasilkan berbeda beda. Selain itu kurang optimalnya pertumbuhan mikroalga dapat menyebabkan protein yang dihasilkan menjadi lebih sedikit. Faktor lingkungan juga mempengaruhi produktivitas biomassa, salah satunya adalah salinitas. Masing-masing jenis mikroalga memiliki salinitas optimum untuk tumbuh yang berbeda-beda. Salinitas media kultivasi pada penelitian ini belum memenuhi syarat salinitas optimum untuk pertumbuhan mikroalga. Salinitas optimum untuk *Spirulina* sp. berkisar 15-30 ppt, *Dunaliella* sp. berkisar 30-35 ppt dan *Tetraselmis* sp. berkisar 25-35 ppt, sedangkan pada penelitian ini hanya mencapai 10 ppt. Salinitas memiliki peranan penting dalam pertumbuhan mikroalga karena secara langsung berpengaruh pada tekanan osmosis didalam sel mikroalga. Fluktuasi salinitas serta tidak sesuainya salinitas lingkungan kultur menyebabkan terganggunya aktivitas sel sehinga menyebabkan kemampuan mikroalga untuk tumbuh kurang optimal. Hal ini terbukti pada penelitian Nawansih dkk., bahwa peningkatan salinitas sampai 30 ppt pada limbah cair industri karet (kolam fakultatif 2) lebih efektif meningkatkan pertumbuhan *Tetraselmis* dibanding dengan penambahan nitrogen ke dalam media limbah.

Gambar 4. Kadar Protein Mikroalga (% bk)

**N-NH3 dan P-PO4**

Hasil pengukuran N-NH3 setelah kultivasi mengalami penurunan hampir sama besar yaitu pada *Tetraselmis* sp. sebesar 96%, selanjutnya *Dunaliella* sp. sebesar 95% dan *Spirulina* sp sebesar 94%. Meskipun pertumbuhanya kurang optimal tetapi *Tetraselmis* sp. memiliki kemampuan mereduksi bahan organik yang cukup tinggi. Penelitian Wulan (2015) juga menunjukan bahwa *Tetraselmis* sp. mampu mereduksi N-NH3 hingga 99,4%. Penurunan kadar N-NH3 dikarenakan amoniak bertransisi menjadi amonium yang digunakan mikroalga sebagai nutrien pertumbuhannya untuk membantu dalam hal sintesis protein.

Selain Nitrogen, kandungan P-PO4 dibutuhkan oleh mikroalga dalam hal metabolisme energi, pembentukan struktur sel dan stabilisator membran sel. Kandungan phospor pada limbah cair industri karet remah sudah cukup tinggi sehingga dapat memenuhi kebutuhan pertumbuhan mikroalga. Menurut Wardhana (1994), kadar phospor optimal untuk pertumbuhan fitoplankton berkisar antara 0,27 – 5,51 mg/L. Pada penelitian ini terjadi penurunan P-PO4 yang cukup besar pada *Spirulina* sp. sebesar 71%, *Dunaliella* sp. dan *Tetraselmis* sp. sebesar 64%,. Menurut Wulan (2015), kepadatan sel mikroalga yang tinggi menyebabkan berkurangnya PO4 dalam limbah cair karet lebih besar.

Penurunan beban cemaran seperti N-NH3 dan P-PO4 pada limbah cair karet juga dikarenakan adanya simbiosis mutualisme antara mikroalga dengan bakteri aerob pada limbah cair karet. Mikroalga menggunakan karbondioksida sebagai sumber karbon utama untuk mensintesa sel baru dan melepaskan oksigen melalui mekanisme fotosintesis. Mikroalga menggunakan cahaya dan air untuk memetabolisme karbondioksida menjadi biomassa (CH2O) dan hasil samping berupa Oksigen (O2). Hal tersebut yang menyebabkan kadar DO pada limbah cair karet meningkat setelah dilakukannya kultivasi (Gambar 5). Menurut Wulan (2015), sebagian oksigen terlarut yang dihasilkan dari proses fotosintesis mikroalga dimanfaatkan oleh bakteri aerob untuk mendegradasi bahan organik pada limbah cair karet. Mikroalga tidak mendegradasi bahan organik namun adanya simbiosis mutualisme antara mikroalga dan bakteri aerob dapat menurunkan beban cemaran (BOD/COD). Oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis mikroalga dimanfaatkan oleh bakteri aerob untuk mengoksidasi senyawa organik pada limbah cair karet.

Gambar 5. Grafik peningkatan kadar *Dissolved Oxygen* pada media limbah cair karet remah sebelum dan setelah kultivasi

**KESIMPULAN**

Jenis mikroalga yang paling berpotensi dalam menghasilkan biomassa sebagai sumber protein pada media limbah cair industri karet remah serta dapat menurunkan cemaran adalah  *Spirulina* sp. Kepadatan sel setelah 7 hari kultivasi mencapai 3878 x 104 sel/mL, menghasilkan biomassa sebesar 1,7282 g/L bk dengan kadar protein 12,13%, serta mampu menurunkan beban cemaran N-NH3 sebesar 94% dan P-PO4 sebesar 71%.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Ucapan terimakasih kami ucapkan kepada PTPN VII Unit Usaha Way Berulu yang telah mendukung penelitian ini terutama menyediakan media kultivasi dan Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung yang telah menyediakan kultur mikroalga serta fasilitas laboratorium. Semoga kerjasama yang baik bisa terus dilanjutkan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Abdurrachman, Okryreza, M. Mutiara, L. Buchori. 2013. “Peningkatan Karbondioksida dengan Mikroalga (*Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas* sp., *Spirulina* sp.) Dalam Upaya Untuk Meningkatkan Kemurnian Biogas”. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Vol 2. No. 4.

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

Borowitzka, A.M. and Lesly B.J. 1988. Microalgae Biotechnology. Cambridge University Press.Australia.488 pp.

Handayani, Noer Abyor dan D.Ariyanti. 2012. “Potensi Mikroalga Sebagai Sumber Biomasa dan Pengembangan Produk Turunannya”. Jurnal Universitas Diponegoro. Semarang Vol. 33 No.2 Tahun 2012, ISSN 0852-1697

Hasanah, Uswatun. 2011. Mikrobiologi Makanan, Buku Ajar FMIPA UNIMED, Medan.

Kawaroe, M. T. Prartono, A. Sunuddin, D.W. Sari, dan Augustine, D. 2010. Mikroalga : Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar. Penerbit Institut Pertanian Bogor Press. Bogor

# Komalasari, A. 2015.”Studi Penentuan Jenis Outlet Limbah Cair Karet Remah untuk Pertumbuhan Mikroalga dengan Sistem Open Ponds”. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung.62 hlm.

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 3-11-2015.

Nawansih, O., Utomo, T.P., dan Pratama, A.I., 2016. “Kajian Produksi Biomassa *Tetraselmis* sp. pada Media Limbah Cair Industri Karet Remah yang Diperkaya sebagai Bahan Baku Potensial Biodiesel”. Jurnal Kelitbangan Inovasi dan Pembangunan. Vol.04 No.01, April 2016. Badan Penelitian dan Pengembangan Inovasi Daerah Provinsi Lampung. ISSN :2354-5704

Sriharti. 2004. “Pengaruh Species Clorella dalam Menetralisir Limbah Cair Karet”. Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2004. ISSN : 1411 – 4216 hlm.

Suminto. 2009. “Penggunaan Jenis Media Kultur Teknis Terhadap Produksi dan Kandungan Nutrisi sel *Spirulina plantesis”*. Jurnal Saintek Perikanan. Vol. 4. (2):53-61

Vonshak, A. 2004. Spirulina pletensis (Arthrospira): Physiology, Cell-biology and Biotechnology. Bristol: Taylor & Francis Ltd. 1-15 hlm.

Utomo, T.P., U. Hasanudin, dan E. Suroso. 2012. Agroindustri Karet Indonesia. PT Sarana Tutorial Nurani Sejahtera. Bandung. 92 hlm.

Wardhana, W.A. 1994*.* Dampak Pencemaran Lingkungan. Andi Ofset. Yogyakarta. 459 hlm.

Weldy, C.S, dan M.Huesemann. 2007. “Lipid by *D. salina* in Batch Culture: effects of Nitrogen Limitation and Light Intensity”. Journal of Undergraduate Research. Department of Energy. Vol 7 Issues 7. p115-120.

Zulfarina, Sayuti I, & Putri HT. 2013. “Potential utilization of algae Chlorella pyrenoidosa for rubber waste management”. Prosiding Semirata FMIPA. Universitas Riau. Riau. p511-520.