

APLIKASI FITOREMEDIASI LIMBAH JAMU DAN PEMANFAATANNYA UNTUK PRODUKSI PROTEIN

Hadiyanto^{a,b} dan Marcelinus Christwardana^{a,b}

^a Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia. Jl. Prof. Sudharto, SH-Tembalang, Semarang 50275, INDONESIA, Phone : +6224 7460058. Email : mchristwardana@gmail.com

^b Center of Biomass and Renewable Energy, Laboratorium Bioproses, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia. Jl. Prof. Sudharto, SH-Tembalang, Semarang 50275, INDONESIA, Phone : +6224 7460058. Email : hady.hadiyanto@gmail.com

ABSTRAK

Industri jamu di Indonesia berkembang dengan pesat. Meningkatnya jumlah industri jamu berpengaruh terhadap kenaikan limbah yang dihasilkan, yang biasanya secara normal diproses dalam bak anaerobik menggunakan proses kimia dan biologi. Namun proses tersebut tidak ekonomis dan karena itu metode alternatif menggunakan sumber alami sangat dibutuhkan. Fitoremediasi adalah metode yang ramah lingkungan untuk mengurangi kontaminan menggunakan tanaman. Metode ini menggunakan tanaman air untuk menurunkan kadar COD dan nutrisi yang terkandung dalam limbah jamu. Selama limbah mempunyai kandungan nutrisi yang tinggi, sangat potensial untuk dijadikan media pertumbuhan alga *Spirulina*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan variasi jenis tanaman (*eceng gondok* dan *teratai*) pada penurunan kontaminan dan mencari komposisi nutrisi yang optimal dari media pertumbuhan mikroalga. Fitoremediasi dilakukan 3-8 hari dan tinggi dari cairan pada reaktor dijaga konstant 5 cm. Efluen dari fitoremediasi kemudian digunakan untuk kultivasi *Spirulina* dengan waktu kultivasi 15 hari. Nutrisi eksternal ditambahkan setiap 2 hari dan konsentrasi biomassa diukur dengan optical density-nya. *Spirulina* tumbuh dengan baik pada limbah jamu yang telah difitoremediasi menggunakan *teratai* selama 3 hari dan mempunyai rasio CNP sekitar 57,790 : 9,281 : 1 dengan laju pertumbuhan 0,271/hari.

Kata Kunci: Fitoremediasi, tanaman air, *Spirulina*, limbah jamu, biomassa

ABSTRACT

Herbal medicine industry in Indonesia is progressing very rapidly. Increasing number of herbal medicine industries lead to an increase of the waste which are normally processed in anaerobic ponds by using chemical and biological process. However this process are not economical feasible and therefore an alternative method by using natural resource is required. Phytoremediation is an environmental friendly method to reduce contaminant using plant. This method uses water plant to reduce COD and nutrients content in the waste. Since the waste still high content of nutrient, therefore it is potential for medium growth of algae *Spirulina*. This study was aimed to evaluate the use of various plant species (*water hyacinth* and *lotus*) in decreasing contaminant and to determine optimal nutrient composition of the microalgae growth media. The phytoremediation was performed in 3-8 days and height of liquid in the tank was maintained constant at 5 cm. The effluent of first phytoremediation was transferred to second stage for cultivation of *Spirulina* with 15 days of cultivation time. The external nutrients were added each 2 days and the concentration of biomass was measured for its optical density. *Spirulina* grow well in herbal medicine waste that has been phytoremediation with *lotus* for 3 days and had a CNP ratio amounted to 57.790 : 9.281 : 1 with a growth rate of 0.271/day.

Keywords: Phytoremediation, water plants, *Spirulina*, herbal medicine waste, biomass

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dimana berbagai macam tumbuhan tumbuh dengan baik. Beberapa dari tumbuhan tersebut

mempunyai fungsi untuk menyembuhkan penyakit tertentu pada manusia. Lalu orang mengolah tumbuhan tersebut menjadi jamu. Jamu dibuat dari campuran sari berbagai

tanaman yang bermanfaat untuk menyembuhkan penyakit. Jamu terdiri dari 2 jenis, jamu tradisional dan jamu fitofarmaka. Fitofarmaka adalah jamu tradisional yang terbuat dari bahan alami namun diproses menggunakan peralatan modern [1]. Jamu mulai dikomersialisasi dengan pesatnya perkembangan industri jamu. Industri jamu di Indonesia mulai ada sejak tahun 1658 [2].

Perkembangan jumlah industri jamu mempengaruhi manusia untuk menggunakan bahan-bahan alami untuk menyembuhkan penyakit. Obat sintetis mulai jarang digunakan karena mempunyai efek samping yang berbahaya. Berkembangnya industri jamu berpengaruh terhadap limbah yang dihasilkannya. Beberapa limbah jamu mengandung fenol dan senyawa turunannya yang mempunyai efek yang berbahaya bagi lingkungan [3,4,5]. Sebuah industri jamu mampu menghasilkan limbah dengan COD sekitar 200-20000 ppm dan fenol 9,8 ppm.

Limbah jamu mempunyai kadar COD yang tinggi harus diproses terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai. Biasanya limbah jamu diproses menggunakan proses biologi dan kimia seperti koagulasi, sedimentasi, aerasi, dan menggunakan lumpur aktif [6]. Tetapi metode-metode tersebut sangat tidak ekonomis dan aman untuk dilakukan. Untuk itu, terdapat cara baru yang lebih murah dan ekonomis serta ramah lingkungan yaitu fitoremediasi. Fitoremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan hijau khususnya tumbuhan air seperti eceng gondok, teratai, dll dan bekerjasama dengan mikrobiota, enzim, konsumsi air, perubahan tanah, dan teknik agronomi untuk menghilangkan, memuat, atau menyerahkan kontaminan berbahaya dari lingkungan seperti logam berat, pestisida, xenobiotik, senyawa organik, polutan aromatik beracun, drainase pertambangan yang asam [7,8,9,10,11]. Limbah jamu ini selanjutnya akan digunakan sebagai sumber media mikroalga setelah melalui proses fitoremediasi.

Penelitian tentang fitoremediasi limbah jamu belum pernah dilakukan. Pada penelitian terakhir, Reni dan Ahdia [12] melakukan fitoremediasi dengan kombinasi lumpur aktif untuk mengurangi kontaminan pada Palm Oil Mill Effluent (POME) menggunakan tanaman apu-apu (*Pistia stratiotes*). Penelitian lainnya, Karyadi dan Eko [13] telah melakukan fitoremediasi terhadap bahan karbofuran aktif menggunakan eceng gondok yang mempunyai efisiensi penyerapan sebesar 82.21% saat jam 12 siang.

Penelitian tentang limbah jamu yang digunakan sebagai media kultivasi *Spirulina sp* belum pernah dilakukan, tetapi Hadiyanto dkk [14] telah melakukan kultivasi *Spirulina sp* menggunakan 20% POME sebagai medianya. Suryajaya dan Sari [15] juga melakukan penelitian tersebut namun menggunakan variasi konsentrasi POME (20,40,60,80%). Penelitian lainnya, Giorgos dll [16] telah melakukan kultivasi *Spirulina sp* menggunakan media *Olive-oil Mill Waste Water* (OMWW) yang telah diolah dengan sodium hipoklorit (NaClO).

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengevaluasi penggunaan variasi tanaman (eceng gondok dan teratai) pada pengurangan kontaminan dan mencari komposisi nutrisi yang optimal pada media pertumbuhan mikroalga.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Jamu

Parameter	Content
pH	6.75
COD	200 ppm
BOD	277 ppm
TSS	66 ppm
Total N	0.704 ppm
Total P	0.549 ppm
Phenol	0.39 ppm

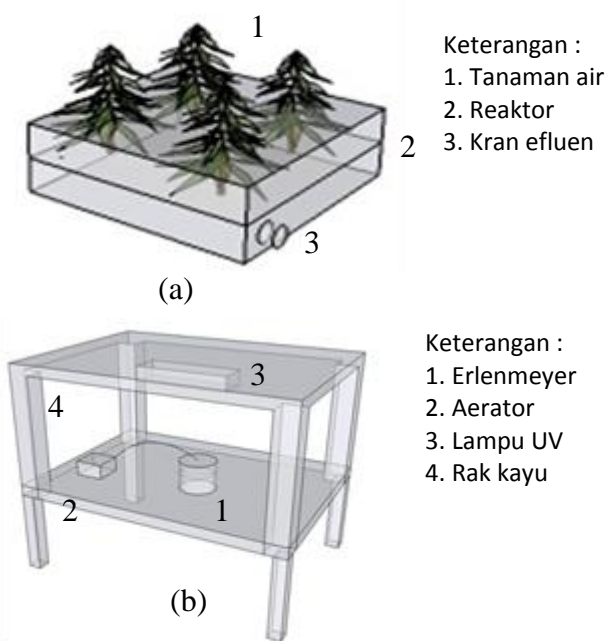
2. MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

Material

Limbah jamu didapat dari salah satu industri jamu di Semarang. Limbah kemudian disaring untuk memisahkan pengotor. *Spirulina sp* didapat dari BPPT Jepara dan dikultivasi di laboratorium Bioproses Teknik Kimia UNDIP. Eceng gondok didapat dari waduk Rawapening, Ambarawa. Teratai didapat dari toko tanaman hias di Surakarta dan Semarang. Eceng gondok dan teratai diaklimatisasi pada limbah jamu dengan konsentrasi 20% selama 5 hari.

Metode Penelitian

Eksperimen dibagi menjadi 2 bagian yaitu fitoremediasi menggunakan tanaman air dan kultivasi mikroalga. Penelitian bagian pertama bertujuan untuk mengurangi kandungan COD dan kontaminan lainnya menggunakan tanaman yang berbeda (eceng gondok dan teratai) pada ketinggian cairan 5 cm (lihat gambar 1a). Fitoremediasi dilakukan pada waktu tinggal yang berbeda pula (3,6,8 hari).

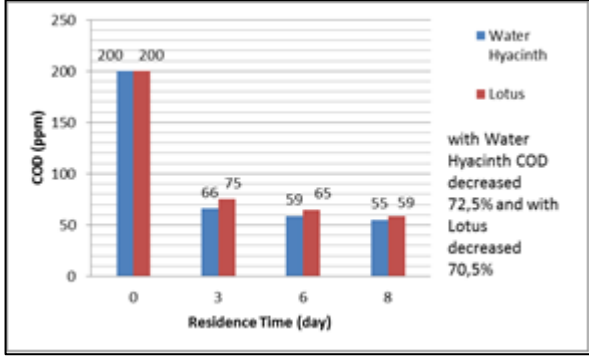


Gambar 1 (a) Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Air dan (b) Kultivasi Mikroalga

Eksperimen bagian kedua bertujuan untuk mengkultivasi *Spirulina sp* menggunakan 80% limbah jamu yang telah difitoremediasi pada jenis tanaman dan waktu tinggal yang berbeda serta menambahkan beberapa nutrisi tambahan (soda kue, TSP, dan urea). Penelitian selesai dalam waktu 15 hari (lihat gambar 1b).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN
3.1. Penurunan COD

Konsentrasi awal COD adalah 200 ppm. Setelah diproses dengan fitoremediasi menggunakan eceng gondok, kandungannya turun menjadi 55 ppm sedangkan yang menggunakan teratai turun menjadi 59 ppm. Penurunan COD dapat dilihat di gambar 2. Penurunan kadar COD dengan fitoremediasi menggunakan eceng gondok adalah 72,5%, lebih tinggi daripada menggunakan teratai yang hanya 70,5%. Diketahui bahwa eceng gondok dengan penutupan area total sebesar 50% mampu mengurangi residu dari 75,74 hingga 85,45% dan COD dari 55,52 hingga 76,83% [17].



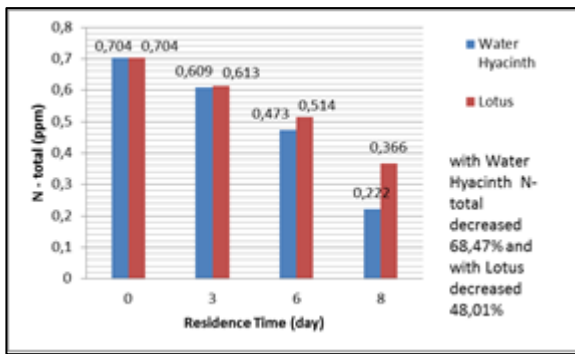
Gambar 2. Penurunan COD menggunakan Fitoremediasi

3.2. Penurunan Nitrogen dan Fosfor Total

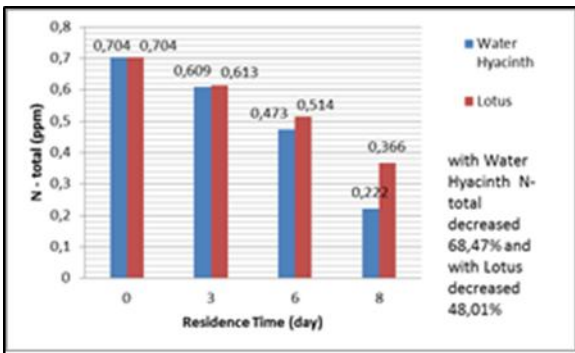
Gambar 3 (a) dan (b) menunjukkan penurunan kandungan nitrogen pada limbah jamu. Kadar nitrogen awal sebesar 0,704 ppm. Setelah diproses melalui fitoremediasi selama 8 hari menggunakan eceng gondok, konsentrasi nitrogen turun menjadi 0,222 ppm atau 68,47%. Sementara fitoremediasi menggunakan teratai dapat menurunkan konsentrasi nitrogen menjadi 0,366 ppm atau 48,01%.

Nitrogen merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan bagi tanaman. Nitrogen yang terkandung dalam limbah secara umum terdiri dari 3 bentuk seperti senyawa nitrogen organik, ion amonium (NH₄⁺), dan ion nitrat (NO₃⁻) [18]. Eceng gondok mempunyai batang yang berongga dan berpori sehingga fotosintesis tidak hanya terjadi di daun tetapi juga di batang. [19]. Inilah penyebab eceng gondok membutuhkan nitrogen lebih banyak untuk fotosintesis daripada teratai.

Fosfor juga merupakan salah satu nutrisi yang penting bagi pertumbuhan tanaman. Fosfor berkontribusi pada pertumbuhan biji, akar, bunga, dan buah. Semakin meningkatnya struktur akar tanaman, penyerapan juga semakin baik [20]. Konsentrasi awal fosfor adalah 0,549 ppm. Setelah 8 hari fitoremediasi menggunakan eceng gondok, konsentrasi fosfor berkurang menjadi 0,3132 ppm. Sementara yang menggunakan teratai, konsentrasi fosfor turun menjadi 0,3144 ppm. Selain itu eceng gondok mempunyai kemampuan untuk mereduksi pestisida fosfor [21].



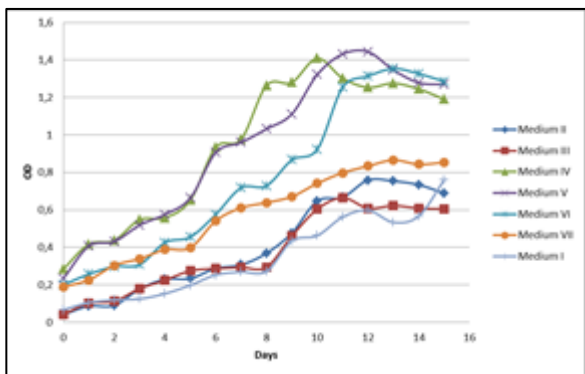
(a)



(b)

Gambar 3. Penurunan (a) Nitrogen Total dan (b) Fosfor Total menggunakan Fitoremediasi

3.3. Analisa Laju Pertumbuhan Mikroalga



Gambar 4. Peningkatan OD Kultivasi Mikroalga

Limbah jamu yang telah difitoremediasi digunakan sebagai media kultivasi mikroalga dengan konsentrasi 80% volume. Nutrien tambahan terdiri dari 1000 ppm soda kue, 60 ppm urea, dan 10 ppm TSP. Media kontrol adalah media I, menggunakan air tawar tanpa ada penambahan limbah. Media yang bercampur *Spirulina platensis* diukur *optical density*-nya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 680 nm. Peningkatan OD dapat dilihat di gambar 4. Pertumbuhan optimal terjadi di media III (fitoremediasi dengan teratai selama 3

hari) dengan rasio CNP sebesar 57,790 : 9,281 : 1, diikuti media II (eceng gondok-3 hari), media IV (eceng gondok-6 hari), media VI (eceng gondok-8 hari), media V (teratai-6 hari), dan yang terakhir media VII (teratai-8 hari).

Kandungan nitrogen dan fosfor yang pas dan sesuai dengan takaran sangat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan *Spirulina* [14]. Nitrogen digunakan untuk membantu produksi protein ketika sintesis karbohidrat terbatas [22]. Karbon yang berlebih hanya akan mengendap dan tidak mempengaruhi laju pertumbuhan *Spirulina*. Sementara kadar mineral seperti nitrogen dan fosfor yang terlalu berlebih membuatnya terkonversi menjadi racun yang berpengaruh terhadap laju pertumbuhan *Spirulina* [23]. Faktor lainnya yang berpengaruh terhadap laju pertumbuhan *Spirulina* adalah waktu adaptasi mikroalga terhadap media [14].

3.4. Kurva Kalibrasi antara Optical Density (OD) dengan Berat Kering Biomassa

Pemanenan mikroalga biasanya dilakukan saat fase eksponensial karena saat itulah sel tumbuh dan membelah diri dengan cepat [24]. Untuk semua media, semakin besar biomassa yang diperoleh, maka OD juga semakin tinggi. Ini dapat dilihat pada garis linear. Media III yang mempunyai laju pertumbuhan paling besar mempunyai persamaan garis linear $y = 0,9052x + 0,0127$ dengan $R^2 = 0,9252$. Dibandingkan dengan media VII yang mempunyai nilai $R^2 = 0,9765$, media III mempunyai slope yang lebih besar daripada media VII (lihat tabel 2). Itu mengindikasikan *Spirulina* tumbuh lebih baik di media III daripada di media VII.

Tabel 2. Persamaan Garis Linear Tiap media

Medium	μ	Linear line
II	0.181031	$0.925x + 0.0325$
III	0.270937	$0.9052x + 0.0127$
IV	0.154379	$0.3887x + 0.0648$
V	0.114883	$0.5845x + 0.077$
VI	0.136041	$0.4153x + 0.081$
VII	0.097179	$0.761x + 0.132$

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Fitoremediasi menggunakan eceng gondok lebih efektif daripada menggunakan teratai untuk mengurangi kontaminan pada limbah jamu. *Spirulina* akan tumbuh secara baik dalam limbah jamu dengan

konsentrasi 80% V yang sudah difitoremediasi menggunakan teratai selama 3 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh *Center of Biomass and Renewable Energy (C-BIORE)* Laboratorium Bioproses serta Laboratorium Teknologi Pangan Teknik Kimia UNDIP. Serta kami ucapkan terima kasih juga kepada Laboratorium Lingkungan jurusan Teknik Lingkungan UNDIP yang telah membantu analisa sampel.

DAFTAR PUSTAKA

1. Lestari, E.D. 2007. Analisis Daya Saing, Strategi Dan Prospek Industri Jamu Di Indonesia. Bogor Agricultural Institute.
2. Widiyanti, H. 2005. Sejarah perkembangan Industri Jamu Tradisional dan Pengaruhnya Terhadap Kehidupan Sosial Ekonomi Masyarakat Gentasari Kecamatan Kroya Kabupaten Cilacap Tahun 1990-2002. Semarang State University.
3. Kibret, M., Somitsch, W., Robra, K.H. 2000. Characterization of Phenol Degrading Mixed Population by Enzyme Assay. *Wat. Res*, 34(4) : 1127-1134.
4. Chung, Y.S., Kim, H.S., Jugder, D., Natsagdorj, L., Chen, S.J. 2003. On Sand And Duststorms and Associated Significant Dustfall Observed in Chongju-Chongwon, Korea During 1997-2000. *Water, Air, and Soil Pollution. Focus* 3(2) : 5-19.
5. Kumar, P.B.A.N., Dushenkov, V., Motto, H., and Raskin, I. Phytoextraction. 1995. The Use of Plants to Remove Heavy Metals from Soils. *Environmental Science and Technology*, 29(5) : p. 1232-1238.
6. Milasari, N.I and S.B. Ariyani. 2010. Pengolahan Limbah Cair Kadar Cod Dan Fenol Tinggi Dengan Proses Anaerob Dan Pengaruh Mikronutrient Cu : Kasus Limbah Industri Jamu Tradisional. Diponegoro University.
7. Dordio, A and A.J.P. Carvalho. 2011. Phytoremediation : an Option for Removal of Organic Xenobiotics from Water. *Handbook of Phytoremediation*, page : 51-92. ISBN: 978-1-61728-753-4.
8. Suresh, B and G.A. Ravishankar. 2004. Phytoremediation - A Novel and Promising Approach for Environmental Clean-up. *Crit. Rev. Biotechnol*, 24 : 97-124.
9. Newman, L.A and C.M. Reynolds. 2004. Phytodegradation of Organic Compounds. *Curr Opin Biotechnol*, 15:225-230.
10. Singh, O.V and R.K Jain. 2003. Phytoremediation of Toxic Aromatic Pollutants from Soil. *Appl Microbiol Biot*, 63 : 128-135.
11. Archer, M.J.G and R.A. Caldwell, 2004. Response of Six Australian Plant Species to Heavy Metal Contamination at An Abandoned Mine Site. *Water Air Soil Poll*, 157(1-4): 257-267.
12. Ahdia, R and R. Krismawati. 2012. Pengolahan Efluen Pond Fakultatif Anaerobik IPAL Industri Kelapa Sawit secara Fakultatif Anaerobik-Fitoremediasi sebagai Pre-Treatment Media Tumbuh Algae. Diponegoro University.
13. Karyadi and E Istiono. 2008. Fitoremediasi Bahan Aktif Carbofuran Menggunakan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* (Mart) Solms). *Agromedia* vol. 2 : 63-72
14. Hadiyanto, Azimatun Nur, M.M., Harjanto, G.D. 2012. Enhancement of Biomass Production from *Spirulina* sp Cultivated in POME Medium. *Proceeding of International Conference on Chemical and Material Engineering 2012*. ISBN: 978-602-097-281-7.
15. Suryajaya, I.M.A and Sari, F.Y.A. 2012. Kultivasi Mikroalga *Spirulina platensis* dalam Media POME dengan Variasi Konsentrasi POME dan Komposisi Jumlah Nutrien. Diponegoro University.

16. Markou, G., Chatzipavlidis, I., Georgakakis, D. 2012. Cultivation of *Arthrospira* (*Spirulina*) *Platensis* in Olive-Oil Mill Wastewater Treated with Sodium Hypochlorite. *Bioresource Technology* 112 : 234–241.
17. Rossiana, N., Supriatun, T., Dhahiyat, Y. 2007. Fitoremediasi Limbah Cair dengan Eceng gondok (*Eichornia carssipes* (Mart) Solms dan Limbah Padat Industri Minyak Bumi dengan Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielson) Bermikroba. Padjadjaran University.
18. Nasholm, T., Kielland, K., Geneteg, U. 2008. Uptake of Organic nitrogen by Plants. *Tansley Review, New Phytologist* 182: 31–48.
19. Mahmood, Q., Zheng, P., Siddiqi, M.R., ul Islam, E., Azim, M.R., Hayat, Y. 2005. Anatomical Studies on Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms) Under the Influence of Textile Wastewater. *J Zhejiang Univ Sci B*, 6(10): 991–998.
20. Purwaningsih, I.S. 2009. Pengaruh Penambahan Nutrisi Terhadap Efektifitas Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Limbah Orto-Klorofenol. *Jurnal Rekayasa Proses*, 3(1): 5-9.
21. Xia, H and Ma, X. 2006. Phytoremediation of Ethion by Water Hyacinth from Water. *Bioresource Technology*, 97, pp 1050-1054.
22. Goksan, T., Zekeriyaoglu, A., Ak, I. 2007. The Growth of *Spirulina platensis* in Different Culture Systems Under Greenhouse Condition. *Turk J Biol*, 31: 47-52.
23. Mun, M.D., Osborne, L.L., Wiley, M.J. 1989. Factors Influencing Periphyton Growth in Agricultural Streams of Central Illinois. *Hydrobiologia* 174:89-97.
24. Padova, A. 1992. Isolation and Culture of Five Species of Freshwater Algae from the Alligator Rivers Region, Northern Territory. Technical Memorandum 37. Australian Government Publishing Service.