

PRODUKSI PROTEIN SEL TUNGGAL (PST) *SPIRULINA* SP. SEBAGAI *SUPER FOOD* DALAM UPAYA PENANGGULANGAN GIZI BURUK DAN KERAWANAN PANGAN DI INDONESIA

Dwi Riesya Amanatin¹⁾, Erna Rofidah²⁾, Siti Duratun Nasiqiati Rosady³⁾

¹⁾Jurusan Biologi , Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Email: riesya09@mhs.bio.its.ac.id

²⁾Jurusan Biologi , Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Email: erna09@mhs.bio.its.ac.id

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Email: nisiqiati.rosady10@mhs.me.its.ac.id

Abstract

Tauge Extract Medium (TEM) and urea can be a good choice in developing the culture of Spirulina sp., because in addition to lower cost also has deposits of macronutrient and micronutrients that support the nutritional content of Spirulina sp. This research aims to know the right combination concentration of TEM and urea that can produce the highest levels of a protein. Combination executed is as follows: P1 : 2% TEM 80 ppm urea, P2 : 2% TEM 100 ppm urea, P3 : 2% TEM 120 ppm urea, P4 : 4% TEM 80 ppm urea, P5 : 4% TEM 100 ppm urea, P6 : 4% TEM 120 ppm urea, P7: 6% TEM 80 ppm urea, P8: 6% TEM 100 ppm urea, P9: 6% TEM 120 ppm urea, and P10 : walne (control). ANOVA test results ($P < 0,05$) indicates that there is influence of TEM and urea with the protein of Spirulina sp. then test results of Dunnet test showing that P5 have a real difference against control with levels of 20,557 % protein in phase stationary and 19,220 % in phase exponentially. This provides indication that combination of TEM and urea has the potential to become as alternatives fertilizer in Spirulina sp. culture. To acquire levels of high protein and low cost of fertilizer. So it can be applied in the production of single cell protein of Spirulina sp. as a super food.

Keywords: *Spirulina sp., Urea Fertilizer, Tauge Extract Medium (TEM) proteins, Super food*

1. PENDAHULUAN

Spirulina sp. merupakan *cyanobacteria* yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku industri makanan karena mengandung protein 60–71%, lemak 8%, karbohidrat 16%, dan vitamin serta 1,6% *Chlorophyll-a*, 18% *Phycocyanin*, 17% β -*Carotene*, dan 20 – 30 % γ -linoleic acid dari total asam lemak [1]. *Spirulina* sp. juga telah digunakan sebagai suplemen atau makanan pelengkap oleh penduduk Afrika sebagai sumber makanan tradisional [2]. Kandungan nutrisi *Spirulina* sp. yang lengkap terutama protein yang tinggi menyebabkan *Spirulina* sp. memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber protein.

Pemenuhan kebutuhan nutrisi untuk *Spirulina* sp. sangat bergantung pada ketersediaannya dalam medium kultur. Komposisi nutrisi yang lengkap dan konsentrasi nutrisi yang tepat menentukan produksi biomassa dan kandungan gizi mikroalga. Jenis pupuk yang banyak dipilih masyarakat dalam kultur *Spirulina* sp. adalah jenis PA (Pro Analisis) yang sudah distandarkan seperti pupuk Walne, Guillard, dll. Mahalnya harga pupuk jenis PA menjadi dasar pencarian pupuk alternatif pada kultur *Spirulina* sp. yang mampu menghasilkan nutrisi serta kepadatan sel yang tinggi, dengan harga yang ekonomis dan mudah diperoleh oleh masyarakat. Salah satu

contohnya adalah media ekstrak taugé (MET).

Penambahan media ekstrak taugé (MET) telah diaplikasikan pada mikroalga marga *Chlorella* spp. [3] dan *Scenedesmus* sp. [4]. Media tersebut mengandung unsur makro terutama fosfat dalam jumlah yang tinggi. Selain itu dilengkapi pula dengan unsur mikro, mineral, asam amino dan vitamin (tiamin, riboflavin, piridoksin, triptofan, asam pantotenat, vitamin K dan vitamin C) yang berperan sebagai *growth factor* dalam pertumbuhan alga [5].

Selain fosfat, unsur makro lain yang mendukung penyusunan senyawa dalam sel, termasuk protein dan klorofil untuk fotosintesis *Spirulina* sp. adalah nitrogen. [6]. Namun unsur nitrogen ini tidak tersedia dalam MET, sehingga diperlukan penambahan jenis pupuk lain sebagai sumber nitrogen yaitu pupuk urea. Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) merupakan pupuk komersil yang ekonomis serta memiliki kandungan Nitrogen yang tinggi mencapai 46% [7]. Apabila urea terlarut akan terbentuk ion amonium (NH_4^+) yang akan diasimilasi oleh mikroalga dan diubah menjadi glutamat sebagai salah satu penyusun asam amino [8]. Pengaruh pupuk urea sebagai sumber nitrogen dalam kultur mikroalga telah diaplikasikan pada *Scenedesmus* sp. yang menunjukkan peningkatan pertumbuhan sel [9]. Namun unsur nitrogen ini tidak tersedia dalam MET, sehingga diperlukan penambahan jenis pupuk lain sebagai sumber nitrogen yaitu pupuk urea.

Melalui kombinasi MET dan pupuk urea yang sesuai diharapkan dapat memberikan solusi berupa pupuk alternatif yang ekonomis dalam kultur *Spirulina* sp. sebagai *super food* dalam penanggulangan ancaman gizi buruk dan kerawanan pangan di Indonesia.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kombinasi konsentrasi MET dan pupuk urea yang dapat menghasilkan kadar protein *Spirulina* sp. tertinggi serta mengetahui jenis fase pertumbuhan *Spirulina*

sp. yang dapat menghasilkan kadar protein tertinggi

2. METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan Tumbuhan Program Studi Biologi ITS dan Laboratorium Pakan Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga Surabaya.

Isolat *Spirulina* sp. diperoleh dari Balai Budidaya Air Payau (BBAP) Situbondo. Media dasar air laut yang digunakan diperoleh dari perairan Pantai Kenjeran Surabaya. Kemudian salinitas air laut dibuat 20‰ dengan menambahkan aquades. Sedangkan pupuk yang ditambahkan pada media kultur *Spirulina* sp. terdiri dari kombinasi konsentrasi Media Ekstrak Tauge (MET) dengan pupuk urea dan kontrol berupa pupuk walne.

Pembuatan Media Ekstrak Tauge (MET) dilakukan dengan merebus 500 gram taugé kacang hijau dalam 2500 ml aquades yang mendidih selama 1 jam, kemudian disaring dengan kassa dan kapas. Konsentrasi MET yang digunakan yaitu: 2%, 4%, dan 6% dibuat dari larutan stok (v/v) [4]. MET yang telah dibuat kemudian dikombinasikan dengan pupuk urea komersil yang berbentuk serbuk, dengan dosis 80 ppm, 100 ppm, dan 120 ppm pada media dasar air laut sebagaimana tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi MET dengan pupuk urea

Pupuk	Keterangan
P1	MET 2% pupuk urea 80 ppm
P2	MET 2% pupuk urea 100 ppm
P3	MET 2% pupuk urea 120 ppm
P4	MET 4% pupuk urea 80 ppm
P5	MET 4% pupuk urea 100 ppm
P6	MET 4% pupuk urea 120 ppm

P7	MET 6% pupuk urea 80 ppm
P8	MET 6% pupuk urea 100 ppm
P9	MET 6% pupuk urea 120 ppm
P10	Pupuk walne

Starter *Spirulina* sp. dibuat dengan menumbuhkan *Spirulina* pada media air laut hingga mencapai fase pertumbuhan eksponensial. Setelah itu diinokulasikan ke dalam media perlakuan P1 sampai dengan P10 sebanyak 10% dari volume media kultur.

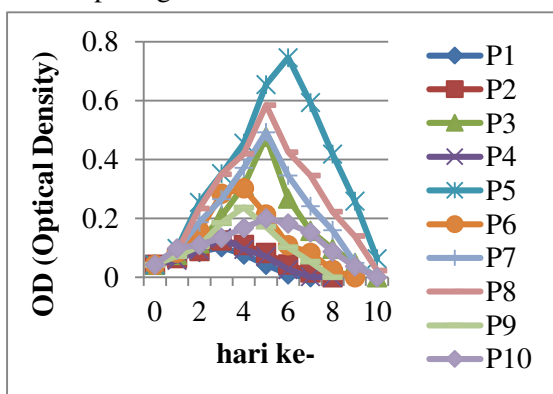
Pemanenan *Spirulina* sp. dilakukan saat kultur mencapai fase eksponensial dan fase stasioner melalui metode filtrasi menggunakan plankton net dengan mesh size 0,060 mm. *Spirulina* sp. yang diperoleh kemudian dianalisis kandungan protein dengan metode Kjeldhal.

Parameter pengamatan dalam penelitian ini meliputi pengukuran OD (*Optical density*) *Spirulina* sp. menggunakan spektrofotometer serta pengukuran kualitas air yang meliputi suhu, salinitas dan pH yang dilakukan setiap 24 jam.

Data penelitian berupa kadar protein *Spirulina* sp. dianalisa dengan Anova dan uji Dunnet dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Spirulina sp. yang dikultur pada perlakuan penambahan pupuk kombinasi konsentrasi MET dengan pupuk urea dan perlakuan kontrol (walne) memiliki pola pertumbuhan dengan puncak populasi yang berbeda-beda. Kurva pertumbuhan *Spirulina* sp. pada masing-masing perlakuan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kurva pertumbuhan *Spirulina* sp. pada masing masing perlakuan.

Keterangan:

- Pupuk 1 (P1) : MET 2% pupuk urea 80 ppm
- Pupuk 2 (P2) : MET 2% pupuk urea 100 ppm
- Pupuk 3 (P3) : MET 2% pupuk urea 120 ppm
- Pupuk 4 (P4) : MET 4% pupuk urea 80 ppm
- Pupuk 5 (P5) : MET 4% pupuk urea 100 ppm
- Pupuk 6 (P6) : MET 4% pupuk urea 120 ppm
- Pupuk 7 (P7) : MET 6% pupuk urea 80 ppm
- Pupuk 8 (P8) : MET 6% pupuk urea 100 ppm
- Pupuk 9 (P9) : MET 6% pupuk urea 120 ppm
- Kontrol (P10) : pupuk walne



Gambar 2. Kultur *Spirulina* sp. pada masing masing perlakuan.

Berdasarkan gambar 1 dapat diketahui bahwa perlakuan P5 memiliki kelimpahan sel tertinggi dengan hasil pengukuran OD sebesar 0,747, dan terendah terdapat pada perlakuan P1 dengan kisaran OD 0,102. Sementara perlakuan P10 menggunakan pupuk walne memiliki nilai OD 0,200. Selain itu, pada kurva pertumbuhan *Spirulina* sp. pada gambar 1 dapat diketahui pula bahwa perlakuan P10 memiliki pola pertumbuhan yang lebih lama dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Hal ini disebabkan

karena pupuk walne merupakan pupuk yang biasa digunakan sebagai media kultur *Spirulina* sp., sehingga *Spirulina* sp. telah teradaptasi untuk tumbuh dalam media yang diberi pupuk walne. Namun setelah memasuki fase adaptasi, *Spirulina* sp. membutuhkan nutrisi yang cukup banyak untuk melakukan pertumbuhan hingga mencapai fase puncak populasi. Sedangkan pada pupuk walne umumnya memiliki kandungan unsur hara yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan media kultur yang lainnya, seperti kandungan Nitrogen dalam bentuk $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ hanya sebesar 0,009 mg/liter yang tersedia hanya dalam jumlah sedikit. Nitrogen merupakan unsur yang dibutuhkan dalam pertumbuhan sel *Spirulina* sp. [10].

Sementara pada perlakuan P5 dengan komposisi 100 ppm urea dengan 4% MET memiliki puncak pertumbuhan yang paling tinggi dengan OD mencapai 0,747. Sedangkan puncak pertumbuhan *Spirulina* sp. terendah terdapat pada perlakuan P1 (MET 2% dan pupuk Urea 80 ppm) dengan OD sebesar 0,102. Hal ini disebabkan karena nitrogen merupakan unsur hara yang diperlukan dalam pembentukan klorofil, dimana klorofil sangat dibutuhkan untuk proses fotosintesis. Ketika unsur nitrogen diturunkan konsentrasinya maka pembentukan klorofil menjadi terhambat yang mengakibatkan proses fotosintesis menjadi terhambat. Terhambatnya proses fotosintesis tersebut mengakibatkan pertumbuhan *Spirulina* sp. menjadi terhambat pula.

Pertumbuhan *Spirulina* sp. yang rendah juga terjadi pada perlakuan dengan konsentrasi nitrogen yang tinggi (pupuk Urea lebih dari 100 ppm). Hal ini disebabkan karena adanya batas maksimum penggunaan nutrisi dari medium oleh sel sehingga terjadi penghambatan proses biosintesisnya terutama biosintesis protein.

Berdasarkan hasil analisis (ANOVA) dengan $P < 0,05$ menunjukkan bahwa terdapat pengaruh kombinasi konsentrasi MET dan urea terhadap kadar protein *Spirulina* sp.

Sementara berdasarkan uji Dunnet menunjukkan hasil sebagaimana pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji Dunnet kadar Protein *Spirulina* sp.

Pupuk	Perlakuan	Kadar protein
P1	2% tauge 80 ppm urea	6,737 a
P2	2% tauge 100 ppm urea	7,167 a
P3	2% tauge 120 ppm urea	13,422
P4	4% tauge 80 ppm urea	7,488 a
P5	4% tauge 100 ppm urea	20,997
P6	4% tauge 120 ppm urea	11,849
P7	6% tauge 80 ppm urea	13,712
P8	6% tauge 100 ppm urea	14,623
P9	6% tauge 120 ppm urea	8,032 a
P10	Walne	7,987 a

Keterangan : huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji Dunnet dengan taraf kepercayaan 95%

Hasil pengujian kadar protein kasar *Spirulina* sp. pada gambar 10 dapat diketahui bahwa perlakuan P5 dengan komposisi MET 4% dan Urea 100 ppm menunjukkan kadar protein yang tertinggi sebesar 20,99%. Hal ini disebabkan karena perlakuan P5 yang mengalami puncak pertumbuhan pada hari keenam, memiliki kelimpahan sel yang paling tinggi dibandingkan perlakuan lain.

Kandungan protein yang tinggi pada perlakuan P5 tersebut menunjukkan bahwa nutrisi yang terdapat pada media kultur *Spirulina* sp. tersebut telah sesuai dengan kebutuhan nutrisi *Spirulina* sp. Perlakuan P5 tersebut juga menunjukkan bahwa unsur Nitrogen yang terdapat pada Pupuk Urea telah menjalankan fungsinya dengan baik, yang ditunjukkan dengan tingginya kelimpahan sel serta kadar protein *Spirulina*

sp. Nitrogen merupakan makronutrien yang mempengaruhi pertumbuhan *Spirulina* sp. dalam aktifitas metabolisme sel seperti katabolisme maupun asimilasi khususnya biosintesis protein [10]. Nitrogen juga merupakan bahan penting penyusun asam amino, amida, nukleotida, dan nukleo protein, serta esensial untuk membelahan sel sehingga nitrogen penting untuk pertumbuhan [11]. Berdasarkan hal tersebut, maka pada saat konsentrasi nitrogen dalam media kultur optimal, Aktifitas metabolisme sel juga berjalan dengan baik, termasuk sintesis klorofil, karena kandungan klorofil yang tinggi akan menyebabkan proses fotosintesis dapat berjalan dengan baik dan pertumbuhan *Spirulina* sp. akan lebih optimal.

Namun di sisi lain, jika dalam media kultur *Spirulina* sp. kekurangan unsur nitrogen seperti pada perlakuan dengan dosis pupuk Urea kurang dari 100 ppm dikombinasikan dengan MET 2%, 4% dan 6% memiliki kadar protein yang rendah. Hal ini disebabkan karena kurangnya unsur N, mengingat nitrogen merupakan nutrien yang banyak dibutuhkan untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. [12], serta sebagai unsur penting dalam pembentukan klorofil [13].

Kadar protein yang rendah juga terjadi apabila nitrogen dalam media kultur *Spirulina* sp. berlebih, seperti pada perlakuan P3, P6 dan P9. Hal ini disebabkan karena penyerapan ammonium lebih mudah dilakukan oleh *Spirulina* sp. daripada nitrat (NO_3), karena ammonium dapat melalui membrane sel secara langsung. Selain itu MET yang dikombinasikan dengan pupuk urea juga mempunyai banyak peranan diantaranya: Mangan (Mn) sebagai komponen struktural membran kloroplas [14] dan merupakan aktivator enzim pada reaksi terang fotosintesis [4], magnesium (Mg) berperan sebagai kofaktor dalam pembentukan asam amino dan klorofil [14], Besi (Fe) berperan dalam sintesis klorofil dan sintesis protein-protein penyusun kloroplas, Seng (Zn) diperlukan dalam proses

pembentukan klorofil dan mencegah kerusakan molekul klorofil [15].

Sedangkan apabila dalam media kultur kekurangan mikronutrien dalam bentuk Mn dapat mempengaruhi proses fotosintesis karena Mn merupakan aktivator enzim pada proses fotosintesis [14]. Karbohidrat yang dihasilkan melalui proses fotosintesis selain digunakan untuk pertumbuhan juga untuk respirasi seluler. Apabila hasil fotosintesis berkurang maka karbohidrat yang tersisa setelah sebagian digunakan dalam proses respirasi tidak mencukupi untuk pertumbuhan sel [4].

Hasil pengukuran parameter kualitas air pada kultur *Spirulina* sp. dengan pupuk kombinasi MET (Media Ekstrak Tauge) dan pupuk Urea serta kontrol menunjukkan nilai suhu, salinitas dan pH yang berbeda. Hasil pengukuran suhu menunjukkan bahwa suhu media berkisar antara 20°C - 26°C . [16] menyatakan, suhu optimal untuk *Spirulina* sp. adalah 32°C - 35°C . Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa suhu pada media kultur *Spirulina* sp. pada perlakuan P1 hingga P10 tidak menunjukkan kondisi suhu optimal yang mendukung pertumbuhan, karena hasil pengukuran suhu hanya mencapai 26°C . Selain itu pada gambar 10 dapat diketahui pula bahwa perlakuan P5 dengan kelimpahan sel paling tinggi memiliki suhu media tertinggi dibandingkan perlakuan yang lain. hal tersebut dapat terjadi karena tingginya kelimpahan sel *Spirulina* sp., mengingat suhu merupakan parameter fisika yang mempengaruhi aktivitas metabolisme organisme. Suhu juga dapat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air [17].

Hasil pengukuran Nilai salinitas media kultur berkisar antara 20‰ - 27‰. [18] menyatakan bahwa salinitas yang

optimal untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. adalah berkisar antara 15-30 ‰. Sementara hasil pengukuran pH media tumbuh *Spirulina* sp. pada masing-masing perlakuan menunjukkan nilai pH 7 hingga 8. Peningkatan nilai pH pada media perlakuan pH disebabkan karena terjadinya penguraian protein dan senyawa nitrogen lain. Amonium (NH_4^+), merupakan bentuk senyawa nitrogen organik yang telah mengalami penguraian [3]. Amonium dihasilkan melalui proses disosiasi amonium hidroksida. Amonium hidroksida merupakan amonia yang terlarut dalam air. Menurut [19], reaksi pembentukan amonium adalah sebagai berikut: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$. Bila reaksi di atas bergerak ke kanan maka konsentrasi amonium di dalam media akan meningkat dan pH media menjadi basa. Menurut [20], pH yang tidak dapat meningkat lagi disebabkan adanya sistem *buffer* alami berupa gas CO_2 terlarut yang terdapat dalam media kultur. Gas CO_2 terlarut yang terdapat dalam media akan menjadi asam karbonat yang akan terurai menjadi ion-ion karbonat dan ion bikarbonat. Reaksi kesetimbangan antara CO_2 terlarut, asam karbonat, ion bikarbonat, dan ion karbonat akan menyebabkan nilai pH bergeser pada kisaran 7-8 dan tidak meningkat lagi. Pengontrolan pH pada suatu media kultur sangat penting untuk menjaga keseimbangan pertumbuhan sel *Spirulina* sp. [16] menyebutkan bahwa pH yang baik untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. berkisar antara 7-11

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah konsentrasi MET dan pupuk urea yang dapat menghasilkan kadar protein tertinggi adalah 4% MET dan 100 ppm urea. sedangkan fase pertumbuhan yang dapat menghasilkan kadar

protein tertinggi adalah fase stasioner pada perlakuan P5 dengan kadar protein sebesar 20,557.

5. REFERENSI

- [1] Jongkon P., Siripen T and Richard D. L. 2008. Phytoremediation of Kitchen Wastewater by *Spirulina platensis* (Nordstedt) Geiteler: Pigment content, Production Variable Cost and Nutritional Value. *Maejo International Journal of Science and Technology*. 2 (2): 159–171.
- [2] Susanna D., Zakianis, Hermawati E., Adi H. K. 2007. Pemanfaatan *Spirulina platensis* sebagai Suplemen Protein Sel Tunggal (PST) Mencit (*Mus musculus*). *Makara Kesehatan*. 11(1): 45.
- [3] Prihantini, N. B., Berta P. dan Ratna Y. 2005. Pertumbuhan *Chlorella* spp. dalam Medium Ekstrak Tauge (MET) dengan Variasi pH Awal. *Makara Sains*. 9(1): 1.
- [4] Prihantini, Nining Betawi *et al.*, 2007. Pengaruh Konsentrasi Medium Ekstrak Tauge (MET) Terhadap Pertumbuhan *Scenedesmus* Isolat Subang. *Makara Sains*. 11 (1): 1.
- [5] Anonim. 2004. *Danish Food Corporation*. foodcop.dk/fcbd.det diakses tanggal 28 Juni 2012.
- [6] Chrismadha, T., Lily P. dan Yayah M. 2006. Pengaruh Konsentrasi Nitrogen dan Fosfor terhadap Pertumbuhan, Kandungan Protein, Karbohidrat dan Fikosianin pada Kultur *Spirulina fusiformis*. *Berita Biologi*. 8 (3).
- [7] Anonim. 2009. *Urea*. www.pupukkaltim.com Diakses tanggal 2 September 2012.
- [8] Laura, B dan Paolo G. 2006. *Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. CRC Press, Boca Raton New York.
- [9] Goswami, Chandra D. 2011. *Scenedesmus dimorphus* and *Scenedesmus quadricauda* : Two Potent Indigenous Microalgae Strains for Biomass Production and CO_2

- Mitigation - A Study on their Growth Behavior and Lipid Productivity under Different Concentration of Urea as Nitrogen Source. *Journal of Algal Biomass Utilization*. 2 (4): 2-4.
- [10] Borowitzka, A.M., dan Lesly B. J. 1988. *Microalgal Biotechnology*. Cambridge University Press, Australia.
- [11] Gardner FP., Pierce RB, Mitchell RL. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. UI Press, Jakarta.
- [12] Wijaya. S. A. 2006. Pengaruh Pemberian Konsentrasi Urea yang Berbeda Terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis oculata*. *Skripsi*. Program Studi Budidaya Perairan. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga, Surabaya.
- [13] Isnansetyo, A dan Kurniastuti, 1995. *Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton Pakan Alami Untuk Pembenihan Organisme Laut*. Kanisius, Yogyakarta.
- [14] Laura, B dan Paolo G. 2006. *Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. CRC Press, Boca Raton New York.
- [15] Bidwell, R.G.S. 1979. *Plant physiology*. 2nd ed. Mac Millan Publishing, New York.
- [16] Ciferri, O. 1983. Spirulina, The Edible Microorganism. *Microbiological Reviews*. 47 (4): 558-570.
- [17] Suminto. 2009. Penggunaan Jenis Media Kultur Teknis terhadap Produksi dan Kandungan Nutrisi Sel *Spirulina platensis*. *Jurnal Saintek Perikanan*. 4 (2): 53-54.
- [18] Utomo N. B. P., Winarti dan Erlina A. 2005. Pertumbuhan *Spirulina platensis* yang dikultur dengan Pupuk Inorganik (Urea, TSP dan ZA) dan Kotoran Ayam. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 4 (1).
- [19] Goldman C.R. dan A. J. Horne. 1983. *Limnology*. McGraw-Hill, Inc., Auckland.
- [20] Cole G.A. 1994. *Textbook of Limnology*. Waveland Press Inc., Illinois.