

Pertumbuhan dan Produksi Mikroalga
Porphyridium aerugineum (Rhodophyceae) pada
Salinitas dan Fotoperioda Berbeda

Aras Mulyadi

*Program Studi Ilmu Lingkungan, PPS Universitas Riau
Kampus Gobah Gedung 1, Jl. Pattimura No.9 Pekanbaru
Email: aras_mulyadi@hotmail.com*

Abstract

*The growth and production of *Porphyridium aerugineum* has been studied at different salinity: 0 ‰, 5 ‰, 10 ‰ and photoperiod: 10h/14h, 14h/10h, 18h/6h. Batch culture of red microalgae has been applied on F/2 Guillard medium and 25 °C. The salinity has influenced the growth of *Porphyridium aerugineum*. The optimal growth of this rhodophyceae was on freshwater. While the increase of salinity has decreased the cells concentration; but has increased the growth rate and the production. The prolongation of photophase has increased the growth and production of this rhodophyceae. But the cells concentration and dry weight of *Porphyridium aerugineum* was better on photoperiod of 14W/10 than 18h/6h.*

*Keywords: growth, photoperiod, *Porphyridium aerugineum*, production, salinity*

Pendahuluan

Porphyridium aerugineum adalah mikroalga yang kaya akan senyawa polisakarida (VONSHAK, 1988). Mikroalga ini berasal dari kelompok taksonomik Rhodophyceae, Subkelas: Bangiophyceae, Ordo: Porphyridial, Famili: Porphyridiaceae (LEWIS dan ZIRKEL, 1920). Mikroalga ini merupakan satu-satunya rhodophyceae unisel yang ditemukan di perairan tawar. Spesies ini tidak mampu beradaptasi terhadap salinitas tinggi (VEGLIA, 1991), namun masih mampu tumbuh dengan baik hingga salinitas 10 ‰ (ARAS MULYADI, 1997).

Faktor lingkungan seperti cahaya, temperatur dan salinitas merupakan parameter alami yang dapat

mengendalikan pertumbuhan alga fitoplanktonik (DAUTA, 1983). Respon dan mikroflora ini terhadap faktor-faktor dimaksud bervariasi menurut spesies. Pada kondisi tertentu, perubahan parameter lingkungan dapat memacu pertumbuhan dan produksi mikroalga. Pengaruh masing-masing parameter lingkungan terhadap organisme yang berkaitan antara satu dengan yang lainnya.

Perubahan iklim PBB, diperlukan tambahan investasi sekitar US\$210 miliar per tahun oleh negara berkembang untuk menjaga emisi gas rumah kaca agar tetap seperti pada tingkat sekarang hingga 2030 (Media Indonesia 2c) dan US\$210 miliar (Media Indonesia 2c).

Merujuk kepada keterangan diatas, maka studi ini dilakukan guna mempelajari perkembangan dan produksi *Porphyridium aeruginosum*: yang dikultur pada fotoperioda berbeda dengan kadar garam berkisar pada salinitas alaminya. Dengan hipotesis

Metode Penelitian

Mikroalga yang digunakan *Porphyridium aeruginosum* yang bersumber dan koleksi Institut Pasteur Paris. Media kultur yang digunakan adalah air laut buatan yang diperkaya dengan media Ff2 Guillard (GUILLARD dan RYTHER, 1963) yang tersusun atas elemen nutritif: NaNO_3 (75 mg/l), $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (5 mg/l), $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ (4,36 mg/l), $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (3,15 mg/l), $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0,1 mg/l), $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,022 mg/l), $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,01 mg/l), $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0,18 mg/l), $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{K}_2\text{O}$ (0,006 mg/l), Thiamin (0,01 mg/l), Cyanocobalamin (0,5 g/l), Biotin (0,5 mg/l).

Kultur dilakukan dengan sistem batch culture, dimana media kultur tanpa pembaharuan dan hanya diperkaya dengan elemen-elemen nutritif diawal eksperimen. Untuk mendeterminasi perkembangan biomassa dalam kondisi media yang kaya akan elemen nutritif. Penelitian dilaksanakan dalam kemostat berkapasitas 20 liter yang dilengkapi dengan pengudaraan 4,5 L/menit pada temperatur 25 °C. Sumber cahaya berasal dari 10 lampu neon (@ 36 watts) dengan

Hasil dan Pembahasan

1. Pengaruh salinitas

bahwa perkembangan dan produksi pada parameter lingkungan berbeda merupakan implikasi dan perbedaan proses fisiologis; yang pada gilirannya berpengaruh pada aktivitas dan produksi metabolisme.

intensitas sekitar 40 i.iE/m²/det. Variasi faktor abiotik yang dipelajari meliputi salinitas: 0 ‰, 5 ‰, 10 ‰, dan fotoperioda: 10j/14j, 14j/10j, 18j/6j (j/ I = lam/lam).

Populasi mikroalga dihitung menggunakan mikroskop optik dengan bantuan haemocytometer tipe Thoma. Berat kering didapati dan penimbangan mikroalga setelah dikeringkan pada temperatur 104 °C selama 24 jam. Ukuran berat sd dihitung dengan cara membagi antara berat kering dengan konsentrasi sel pada saat pengukuran yang sama. Waktu pembelahan sel (td) dihitung dengan persamaan:

$$k = (\ln N - \ln N_0) / (t - t_0)$$

$$td = \ln 2 / k = 0,693 / k$$

Produksi mikroalga ditentukan dan hasil panen yang dilakukan diakhir fase eksponensial dengan cara menengadkan populasi mikroalga selama dua puluh empat jam. Mikroalga yang diperoleh selanjutnya dikinginkan dengan cara liofilisasi dan seterusnya ditimbang guna mendapatkan produksi akhir atau hasil panen.

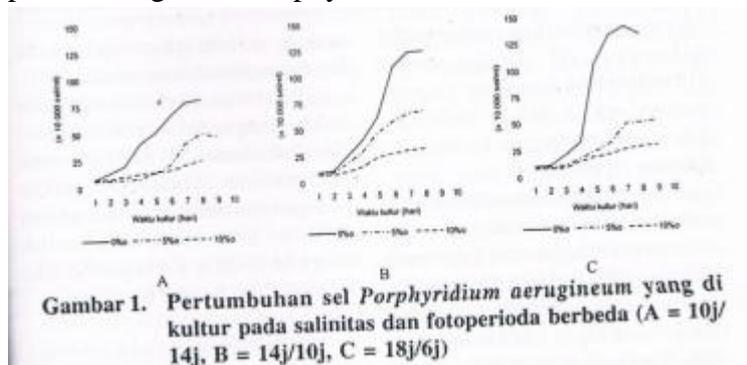
Secara global, salinitas lebih mempengaruhi perkembangan *Porphyridium aeruginosum* ini

dibandingkan fotoperioda (Gambar 1). Pertumbuhan sel paling baik diperoleh pada kultur menggunakan air tawar, yang merupakan media asal rhodophyceae mi. Kultur *Porphyridium aerugineum* yang direalisasikan pada air payau dapat memperlambat pertumbuhannya, dan kelambatan iri seiring dengan peningkatan kadar garam media kultur. Pada salinitas 10 ‰, kurva pertumbuhan menjadi tidak mengikuti gambaran lazimnya pertumbuhan organisme. Pada salinitas ini tidak terlihat adanya fase eksponensial dan peningkatan konsentrasi sel pun sangat kecil. Pada salinitas 5 ‰, peningkatan kurva fase eksponensial terlihat dengan jelas sebagai akibat karena adanya penambahan konsentrasi sel yang agak lebih baik.

Di akhir penelitian, perbedaan pertumbuhan *Porphyridium aerugineum* antara kultur yang direalisasikan menggunakan air tawar dan air payau relatif lebih penting. Pada salinitas 10 ‰ konsentrasi sel mengalami penurunan sebesar 60 - 70 %; dan pada salinitas 5 ‰ variasi populasi sel antara 26 - 63 % lebih kecil!

2. Pengaruh fotoperioda

Pengaruh fotoperioda terhadap perkembangan sel *Porphyridium*



dibandingkan populasi mikroalga mi yang dikultur di air tawar.

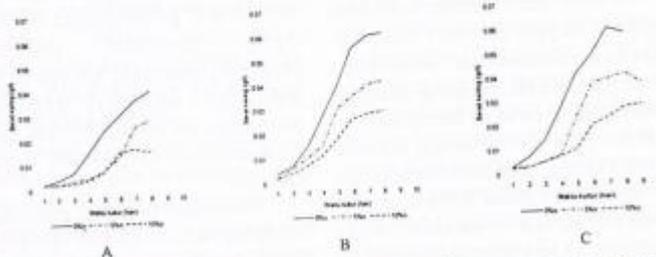
Berdasarkan kadar berat kering, biomassa *Porphyridium aerugineum* juga bervariasi sesuai salinitas (Gambar 2). Salinitas memberikan efek negatif terhadap perkembangan biomassa, di mana efek ini semakin penting seiring dengan penambahan kadar garam dalam media kultur. Penurunan biomassa pada kultur menggunakan air tawar selalu lebih profit dibandingkan dua salinitas lainnya: berbanding antara 33 - 35 % dengan kultur pada salinitas 5 ‰ dan antara 52 - 60 % dengan kultur pada salinitas 10 ‰.

Selain itu, salinitas juga memberikan variasi terhadap waktu pembelahan sel *Porphyridium aerugineum* (Tabel 1). Secara umum, pembelahan sel rhodophyceae mi semakin lambat dengan adanya peningkatan salinitas. Waktu pembelahan sel pada salinitas 0 ‰ bervariasi antara 1,07 dan 1,59 hari; pada salinitas 5 ‰ bervariasi antara 1,88 dan 1,97 hari; dan pada salinitas 10 ‰ bervariasi antara 2,49 dan 4,07 hari

aerugineum juga lebih dominan (Gambar 1).

Tabel 1. Waktu pembelahan sel (hari) *Porphyridium aerugineum* pada salinitas dan fotoperioda berbeda

Salinitas	Fotoperioda		
	10j/14j	14j/10j	18j/6j
0 ‰	1,59	1,22	1,07
5 ‰	1,88	1,85	1,97
10 ‰	3,68	2,49	4,07



Gambar 2. Berat kering *Porphyridium aerugineum* yang di kultur pada salinitas dan fotoperioda berbeda (A = 10j/14j, B = 14j/10j, C = 18j/6j)

Perpanjangan larnya fotofase melebihi 10jam relatif dapat memacu pertumbuhan konsentrasi sd rhodophyceae liii. Pertumbuhan sel teridentifikasi lebih dominan dengan penambahan fotofase 14 jam, sehingga untuk ketiga salinitas konsentrasi sel tertinggi diperoleh pada eksperimen dengan fotoperioda 14j/10j. Peningkatan fotofase hingga 18 jam memberikan pertumbuhan mikroalga mi Iebih rendah dibandingkan fotofase 14 jam; namun masih Iebih baik jika dibandingkan dengan kultur pada fotofase 10 jam.

Pengaruh perbedaan fotoperioda terhadap konsentrasi sel mikroalga mi lebih terlihat secara jelas pada salinitas 0 ‰. Pada media air tawar, puncak pertumbuhan sel untuk fotoperioda 18j/6j lebih besar 10 % dibandingkan dengan fotoperioda 14j/10j. Untuk salinitas yang sama, pertumbuhan rhodophyceae mi pada fotoperioda 18j/6j hampir dua kali lipat lebih penting dibandingkan kultur dengan fotoperioda 10j/14j. Sebaliknya pada salinitas 10 ‰, peningkatan konsentrasi sel seiring perpanjangan fotophase tidak sebesar dua salinitas sebelumnya.

Untuk berat kering, scotofase selama 14 jam memberi pengaruh penurunan biomassa. Sebaliknya fotofase Iebih panjang mampu memacu produksi berat kering sekitar 20 % - 30 % sesuai salinitas media kuftur. Pada salinitas 0 ‰ dan 5 ‰ dapat dilihat bahwa terjadi sedikit variasi biomassa antara fotofase 14 jam dengan fotofase 18 jam. Pengaruh ragam fotoperioda terhadap kadar berat kering *Porphyridium aerugineum* lebih jelas terlihat pada salinitas 10 ‰.

Berdasarkan data waktu pembelahan sel (Tabel 1) dapat diidentifikasi bahwa reproduksi *Porphyridium aerugineum* semakin lambat dengan adanya penurunan fase penyinaran. Namun, variasi waktu pembelahan set tidak beraturan sesuai fotoperioda.

Waktu pembelahan sel pada kultur dengan fotoperioda 10j/14j dijumpai sekitar 1,59-3,68 han; untuk fotoperioda 14j/10j waktu pembelahan set bervariasi antara 1,22 — 2,49 han; dan untuk fotoperioda 18j/6j waktu pembelahan sel senilai 1,07 — 4,07 hari.

3. Produksi dan ukuran sel *Porphyridium aerugineum*

Hasil panen *Porphyridium aerugineum* relatif lebih penting pada salinitas air payau dibandingkan air tawar (Tabel 2). Namun produksi pada dua salinitas air payau (5 ‰ dan 10 ‰) hasil panen yang diperoleh relatif sama. Perpanjangan skotofase memberikan reaksi penurunan produksi *rhodophyceae* mikroskopis. Sebaliknya, perpanjangan fotofase dapat memacu produksi *rhodophyceae* asal air tawar mikroskopis. Sehingga produksi tertinggi mikroalga mikroskopis relatif ditemui pada fotoperioda 18j/6j untuk semua salinitas.

Perbedaan produksi mikroalga mikroskopis diduga terkait dengan ukuran sel pada masing-masing parameter penelitian. Fotoperioda memberikan pengaruh yang tak beraturan bagi berat sel *Porphyridium aerugineum*. Namun secara umum, peningkatan fase cahaya hingga 14 jam telah mampu memberikan efek positif bagi ukuran sel mikroalga mikroskopis. Di bagian lain, haloadaptasi *rhodophyceae* mikroskopis juga memperlihatkan efek berbeda terhadap perubahan berat sel (Tabel 3). Secara umum, *Porphyridium aerugineum* yang dikultur pada media asalnya menghasilkan sel yang lebih kecil, kecuali pada fotoperioda 14j/10j. Pemeliharaan pada salinitas air payau (5 ‰ dan 10 ‰) relatif memberi efek positif terhadap ukuran sel *rhodophyceae* mikroskopis.

Keberhasilan suatu kultur alga fitoplanktonik ditentukan oleh beberapa parameter pertumbuhan, diantaranya: kemurnian bibit, elemen mineral, oksigen dan karbondioksida yang cukup, pH, temperatur dan cahaya (MORRIS, 1981; PEKARKOVA, SMARDA dan HINDAK, 1989). Oleh karena itu, sifat dan fisiologi

pertumbuhan dan spesies yang dikultur pada berbagai parameter sangat perlu untuk diketahui dan dimengerti (MOSS, 1973; DONNAN et al, 1985). Dan segi faktor abiotik, temperatur dan cahaya merupakan dua parameter penting dalam menentukan optimalisasi suatu kultur (SMAYDA, 1971; FALKOWSKI, DUBINSKY dan WYMAN, 1985).

Hasil yang diperoleh pada fotoperioda dan salinitas tertentu memperlihatkan adanya perbedaan perkembangan *Porphyridium aerugineum*. Berperan langsung dalam aktifitas fotosintesis, cahaya merupakan faktor primordial kedua setelah temperature dalam pertumbuhan fitoplankton (VAULOT dan CHJSHOLM, 1987). Pengaruh fotoperioda terhadap perkembangan konsentrasi sel dan kadar berat kering *Porphyridium aerugineum* terlihat lebih penting. Perpanjangan fotofase dapat memacu fase pertumbuhan, sehingga dengan demikian konsentrasi sel dan biomassa maksimal dapat dicapai lebih awal dengan fase penyinaran lebih lama. Berdasarkan pendapat ini, maka eksperimen bagi *Porphyridium aerugineum* dengan menggunakan ragam fotoperioda dapat meningkatkan konsentrasi sel yang dihasilkan secara langsung diprakirakan juga dapat meningkatkan produksi. Seperti juga halnya temuan SPOEHR dan MILNER (1949) pada *Chlorella pyrenoidosa*, bahwa peningkatan perioda cahaya dapat meningkatkan produksinya sebesar 8 - 25 %. Di bagian lain, MOYSE dan YVON (1956) pada kultur bervolume 1 liter dengan intensitas cahaya 160 - 240 pE/m²/detik juga memperlihatkan bahwa multiplikasi *chlorophyceae* jauh lebih cepat dengan penyinaran diskontinyu (fotoperioda

12j/12j) dibandingkan penyinaran kontinyu. Selain itu, mereka juga membuktikan bahwa penyinaran kontinyu dapat meningkatkan volume sel. Hasil yang samajuga ditemukan KANAZAWA (1964) pada chlorophyceae lain, *Chlorella ellipsoidea*, dengan temperatur 21 °C dan intensitas cahaya 159 i.iE/m²/det.

Eksperimen menggunakan tiga fotoperioda membuktikan akan pentingnya fotofase dan scotofase dalam produktifitas *Porphyridium aerugineum*. Realitas ini diduga terkait langsung dengan aktivitas fotosintesa yang terjadi dalam dua fase: fase cahaya (*photochemicheteroiniidependent*) dan fase tanpa cahaya (*photochemicheteroiniidependent*). Bahan-bahan yang terbentuk selama fase cahaya (ATP, NADPH) akan digunakan pada fase gelap (scotofase), yang pada akhirnya akan membentuk molekul-molekul metabolisme esensial bagi pertumbuhan. Pada fotoperioda selama 15j/9j yang diikuti dengan studi fotografi untuk setiap jam selama kurun waktu satu hari, DAUTA (1983) membuktikan bahwa pembelahan sel terjadi sewaktu fase tanpa cahaya untuk sejumlah chlorophyceae uniselular. Hal serupa tidak dijumpai pada *Porphyridium aerugineum*, dimana pembelahan sel lebih dominan setelah interupsi cahaya. Proses mitosis ini bisa juga terjadi selama fase cahaya seperti halnya selama fase tanpa cahaya. Bahkan kadang rhodophyceae ini membutuhkan fotofase yang lebih panjang dan pada scotofase untuk membelah. Sehingga untuk kultur dengan scotofase lebih lama (14 jam), konsentrasi sel *Porphyridium aerugineum* ini relatif lebih kecil dan waktu pembelahan sel pun relatif lebih lama.

Penelitian SCHWENKE (1960) dan CHAPMAN (1962) memperlihatkan bahwa mikroalga yang hidup pada daerah pasang surut lebih mampu beradaptasi terhadap variasi salinitas (antara 0,1 sampai 3 kali salinitas air laut). Dibagian lain DROOP (1958) membuktikan bahwa mikroalga ini dapat juga menyangga shock termic dan tumbuh kembali normal setelah beberapa hari dikultur pada media yang baru. Pada *Porphyridium aerugineum*, pertumbuhannya menurun seiring peningkatan salinitas. Biomassa dan konsentrasi sel tertinggi diperoleh pada kultur yang direalisir di air tawar, yang merupakan media alami rhodophyceae ini. Pada kultur menggunakan air payau, pertumbuhannya semakin berkurang dengan adanya peningkatan kadar garam media kultur. Pertumbuhan ini sejalan dengan waktu pembelahan sel, dimana kecepatan pembelahan sel *Porphyridium aerugineum* mencapai dua kali lebih rendah pada salinitas 10 ‰ dibandingkan dengan kultur menggunakan air tawar. Hanya saja, *Porphyridium aerugineum* yang dikultur pada media asalnya menghasilkan sel yang lebih kecil tetapi dengan frekuensi pembelahan sel dan biomassa yang relatif lebih tinggi. Pada salinitas 5‰ dan 10‰, ukuran sel relatif lebih besar yang diiringi dengan kecepatan pembelahan sel yang lebih lambat.

Variasi volume sel sesuai salinitas juga telah diteliti DICKSON dan KIRST (1987) pada diatom dan jenis *Phaedactylum tricornutum* dan *Cyclotella meneghiniana*. Untuk *Porphyridium aerugineum*, volume sel semakin membesar dengan adanya peningkatan kadar garam dalam media kultur.

Peningkatan volume sel ini bersumber dan semakin membesarnya volume organ-organ sel tertentu atau bertambahnya jumlah vacuola sebagai tempat terkonsentrasinya ion-ion organik: Na⁺, K⁺, Cl⁻ (GUDIN dan DOS SANTOS, 1990). Hal serupa juga telah

ditemukan WEINCKE, STELZER dan LAUCHLI (1983) pada *Porphyridium umbilicalis*. Menurut DICKSON dan KIRST (1987), peningkatan volume intraselular ini akan memperlambat pembelahan binari sel itu sendiri.

Tabel 2. Produksi *Porphyridium aerugineum* (g/l) pada temperatur dengan salinitas dan fotoperioda berbeda

Salinitas	Fotoperioda		
	10j/14j	14j/10j	18j/6j
0 ‰	0,07	0,10	0,10
5 ‰	0,10	0,12	0,13
10 ‰	0,10	0,11	0,13

Tabel 3. Berat rata-rata sel (ng/sel) *Porphyridium aerugineum* pada temperatur 25 °C dengan salinitas dan photoperioda berbeda

Salinitas	Photoperioda		
	10j/14j	14j/10j	18j/6j
0 ‰	40,31	76,89	52,30
5 ‰	53,71	57,94	70,81
10 ‰	50,23	77,28	66,18

Kesimpulan

Pertumbuhan *Porphyridium aerugineum* terbaik pada salinitas 0%. Peningkatan salinitas menurunkan pertumbuhan sel dan kandungan berat kering rhodophyceae ini. Sebaliknya, peningkatan garam hingga 10 ‰ telah mampu memicu produksi, ukuran berat dan kecepatan pembelahan sel *Porphyridium aerugineum*.

Fase cahaya memberi efek positif terhadap pertumbuhan dan produksi *Porphyridium aerugineum*. Peningkatan fotofase di atas 14 jam dapat memacu pertumbuhan sel, kandungan berat kering, ukuran berat sel dan produksi *Porphyridium aerugineum*. Namun fase cahaya memberikan pengaruh beragam terhadap waktu dan kecepatan pembelahan sel mikroalga ini.

Daftar Pustaka

ARAS MULYADI., 1997. Studi Komparatif Sifat Halotoleran *Porphyridium* dan *Porphyridium* (*Rhodophyceae*). Berkala Perikanan Terubuk. 68: 39 — 50.OTT, 1987

ARAS MULYADI., 2006. Mikroalga *Porphyridium*: Biologi dan Uji In-vitro. Unri Press. Pekanbaru.

CHAPMAN V.J, 1962. The Algae. Mc Millan and Co Eds, Londo ,z, England. 404 p.

- DAUTA, 1983. Conditions de development du phytoplancton: Etude comparative de huit especes en culture. Cinetiques d'assimilation et de croissance: Etude experimentale. Modelisation appliquee aux cultures et a un milieu nature: Le Lot. These de Doctorat d'Etat, Universite Paul Sabatier Toulouse. 92 p.
- DICKSON D.M.J dan KIRST GO, 1987. Osmotic adjustment in marine eukaryotic algae: the role of inorganic ions, quaternary ammonium, tertiary suiphonium and carbohydrate solutes. I. Diatoms and rhodophyte. *New Phytol.*, 106:645-655.
- DONNAN L., CARVILLE E.P., GILLILAND T.J., dan JOHN P.C.L., 1985. The cell cycles of *Chlamydomonas* and *Chlorella*. *New Phytol.*, 99: 1-40.
- DROOP M.R., 1958. Optimum relative and actual ionic concentration for growth of some algae. *Verhandl. i: Limnol.*, 13:722-730.
- FALKOWSKI RG, DUBINSKY dan WYMAN K., 1985. Growth irradiance relationships in phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.*, 30:311-321.
- GUDIN C dan DOS SANTOS 1990. Mass production microalgae in photobioreactor for chemical. *Biotechnol-90*: 1-6.
- GUILLARD R.R and RYTHER J.H., 1963. Studies on marine planktonic diatoms. *Cyclotella nana* Hustedt *Detonula confervacea* (Cleve) Gran. *Can. J. Microbiol.* 229-239.
- KANAZAWA T., 1964. Changes amino acid composition *Chlorella* cells during their cycle. *Plant and Cell Physiol.* 5: 333-354.
- LEWIS I. F. and ZIRKEL C., 1920. Cytology and Systematic Position of *Porphyridium cruentum* Naeg. *Anz. J. Bot.*, 330—346.
- MORRIS I., 1981. Photosynthetic products, physiological state and phytoplankton growth. in *Physiological bases of phytoplankton ecology*. Edited by T.PLATT, *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.*, 210: 83-102.
- MOSS B., 1973. The influence environmental factors on the distribution of freshwater algae: experimental study. Effects temperature, vitamin requirements and inorganic nitrogen compound on growth. *J. Ecol.*, 61: 179-192.
- MOYSE A dan YVON A., 1956. Etude de la croissance d'algues monocellulaires (*Chlorella* et especes voisines) en cultures accelerees. *J. Rech. C'NRS*, 35: 169-175.
- PEKARKOVA B., SMARDA J., dan HINDAK F., 1989. Cell morphology and growth characteristics of *Porphyridium aeruginum*. *Plant Sys. Evol.* 164:263-272.
- SMAYDA T.J., 1971. The growth of *Skeletonema costatum* during a winter spring bloom in Narragansett bay, Rhode Island. *Norv. J. Bot.*, 20: 2 19-247.
- SOMMERFELD M.R. and NICHOLS H.W., 1970. Comparative Studies in the Genus *Porphyridium* Naeg. *J. Phycol.*, 6: 67 — 78.
- SPOEHR H.A dan MILNER H.N., 1949. The chemical composition of

Chlorella: Effect of conditions.
Physiol. 24: 120-240.

VAULOT D., dan CHISHOLM S.W.,
1987. A method of the growth

VEGLIAP., 1991. Ecophysiologie du
Phycobilisome Chez espèce de
Porphyridium. de Chimie de
l'Environnement et Santé,
Université Marseille Saint Charles,
Marseille. 34 p.

WEINCKE C., STELZER LAUCHLI A.,
1983. compartementation in
umbilicalis determination electron-
probe X-ray Planta, 159:341.

VONSHAK A., Porphyridium. liz
Microalgal Biotechnology. M.A
Borowitzka and L.J Borowitzka
Eds. University Press, 122-134.