

# Bab 6

## Pertumbuhan *Porphyridium*

### 6.1. Komparatif Sifat Halotoleran *Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum*

*Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum* adalah kelompok mikroalga dari kelas rhodophyceae. Dengan ukuran bervariasi antara 4 – 10  $\mu\text{m}$  yang berbentuk sferik; secara morfologis, ultrastruktur dan reproduksi keduanya memiliki sifat yang identik. Perbedaan nyata antara kedua jenis mikroalga ini terlihat pada warna sel sesuai dominansi pigmen: warna merah untuk *Porphyridium cruentum* karena dominan pigmen fikoeitrin, dan warna hijau biru untuk *Porphyridium aerugineum* karena dominan pigmen fikosianin. Selain itu, keduanya juga berasal dari habitat berbeda. *Porphyridium cruentum* diisolasi pertama kali tahun 1849 oleh GUIDAKOV dari habitat laut (KUFFERATH, 1912; VISHNER, 1925; PRINGSHEIM dan PRINGSHEIM, 1949; SOMMERFELD dan NICHOLS, 1970). *Porphyridium aerugineum* diperkenalkan pertama kali oleh GEITLER (1923), yang merupakan satu-satunya rhodophyceae unisel yang ditemukan di perairan tawar (OTT, 1987).

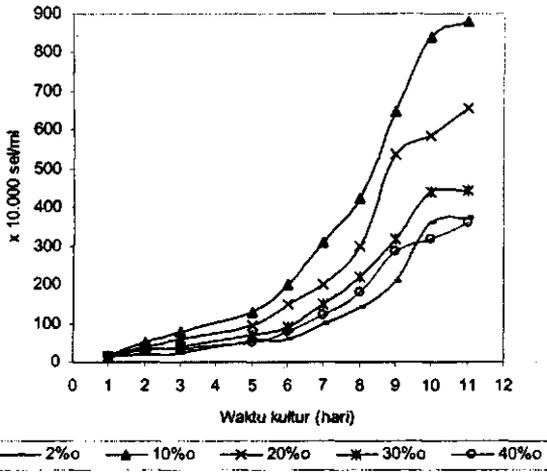
Perbandingan perkembangan kedua rhodophyceae berbeda nice ekologis ini pada salinitas berbeda digambarkan untuk melihat kemampuan adaptasinya terhadap kadar garam. Pertumbuhan dideteksi pada kultur dalam erlenmeyer volume 500 ml, pada temperatur 20 °C dan fotoperioda 14j/10j, menggunakan media F/2 Guillard dan intensitas cahaya 40  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{det}$  serta dilengkapi aerasi 1,25 l/menit. Lima salinitas berbeda: 2 ‰, 10‰, 20‰, 30‰, 40‰ telah diintroduksi untuk *Porphyridium cruentum*; dan enam salinitas berbeda: 0‰, 5‰, 10‰, 20‰, 30‰, 40‰ untuk *Porphyridium aerugineum*. Sifat halotoleran dideteksi dengan cara membandingkan



konsentrasi sel pada setiap salinitas eksperimen dengan konsentrasi sel pada salinitas alaminya, yaitu salinitas laut (30 ‰) untuk *Porphyridium cruentum* dan salinitas tawar (0 ‰) untuk *Porphyridium aerugineum*.

### Halotoleran *Porphyridium cruentum*

Pertumbuhan terbaik *Porphyridium cruentum* dideteksi pada salinitas 10‰ (Gambar 6.1). Pada salinitas ini *Porphyridium cruentum* membelah secara cepat dimulai pada hari ke lima. Ritme yang sama juga dideteksi pada salinitas 20‰, tetapi dengan populasi sel lebih rendah dari salinitas 10‰. Untuk salinitas 40‰ dan 2‰, pertumbuhan sel rhodophyceae ini memperlihatkan pola yang identik; dengan kelimpahan sel relatif sama dan lebih rendah dari salinitas lain. Sedangkan pada salinitas 30‰, grafik pertumbuhan sel mikroalga merah ini berada antara 20‰ dan 40‰.



Gambar 6.1. Pertumbuhan *Porphyridium cruentum* pada salinitas berbeda

Waktu pembelahan sel *Porphyridium cruentum* berkisar antara 2,01 hari dan 2,28 hari; dan bervariasi sesuai salinitas (Tabel 6.1). Waktu pembelahan sel paling singkat terjadi pada salinitas 10‰. Sedangkan pada

salinitas 2‰ dan 20‰, waktu pembelahan sel *Porphyridium cruentum* ini relatif sama; dengan populasi diakhir eksperimen lebih tinggi pada salinitas 20‰ dibandingkan populasi sel pada salinitas 2‰. Untuk kadar garam lebih besar: 30‰ dan 40‰, pembelahan sel relatif lebih lambat.

Fase laten paling singkat dideteksi pada salinitas 10‰ dan 20‰. Penurunan kadar garam hingga 2‰ dan peningkatan kadar garam media kultur (30‰ dan 40‰) dapat memperpanjang fase laten dari pertumbuhan *Porphyridium cruentum*. Sebaliknya, fase eksponensial relatif lebih lama apabila salinitas media kultur rendah. Selain itu, lamanya fase stasioner juga berbeda sesuai kadar garam, dimana nilainya bervariasi antara 1 dan 2 hari.

Tabel 6.1. Karakteristik pertumbuhan *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada salinitas berbeda.

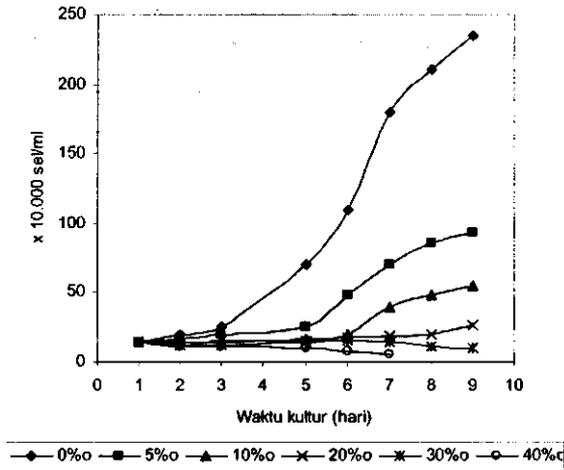
	Salinitas				
	2‰	10‰	20‰	30‰	40‰
Fase laten (hari)	5	4	4	5	5
Fase eksponensial (hari)	4	5	4	4	3
Fase stasioner (hari)	1	1	2	1	2
T <sub>1/2</sub> (Hari)	2,02	2,01	2,04	2,12	2,28
μ (generasi/hari)	0,49	0,50	0,49	0,47	0,44
Konsentrasi sel di akhir eksperimen (x10 <sup>4</sup> sel/ml)	372	880	657	444	362

Berdasarkan sifat halotolerannya (Tabel 6.3), dapat dilihat bahwa *Porphyridium cruentum* termasuk spesies euryhalin. Rhodophyceae ini mampu menyangga interval salinitas relatif besar sehingga rhodophyceae ini dapat ditemukan pada habitat marin dan lakustrin (ERNEST dan PRINGSHEIM, 1949; OTT, 1972). Pertumbuhan optimalnya ditemukan LECLERC (1967) pada kadar garam bervariasi seperempat dan setengah salinitas air laut, sedang pada salinitas lebih tinggi atau salinitas lebih rendah akan memerlukan waktu yang lama untuk berbiak. Berikutnya SOMMERFELD dan NICHOLS (1970)

menemukan bahwa *Porphyridium cruentum* dapat mentolerir salinitas antara 1 dan 87,5 ‰ tetapi salinitas optimal bagi pertumbuhannya berbeda sesuai galur (*strains*). Galur 161 dan 637 tumbuh relatif sama pada salinitas 5‰, 15‰, 25‰ dan 35‰. Pertumbuhan optimal galur 1380-1B ditemukan pada salinitas 35‰, perkembangannya relatif lamban pada salinitas 25‰ dan 15‰ dan sangat reduktif pada salinitas 5‰. Salinitas antara 5‰ dan 35‰ merupakan kadar garam optimal bagi galur 1380-1C. Perkembangan terbaik untuk galur 1380-1A diperoleh pada salinitas 15‰ dan 25‰. Salinitas 5‰ dan 35‰ memperlambat pertumbuhan *Porphyridium cruentum* galur ini. Pada salinitas 35‰ dan 52,5‰ pertumbuhannya lebih baik dari pada pertumbuhannya dengan salinitas lebih kecil dari 3‰ atau lebih besar dari 70‰. Studi ini dengan media F/2 Guillard mengidentifikasi bahwa *Porphyridium cruentum* berkembang dengan baik pada salinitas 10‰ dan 30‰. Salinitas 2‰ dan 40‰ secara reduktif memperlambat pertumbuhannya. Berdasarkan laju pertumbuhan (*growth rate*), pembelahan sel terbanyak dijumpai pada salinitas 10‰, yakni 0,5 generasi per hari. Sebaliknya nilai *growth rate* pada salinitas 2‰ dan 20‰ relatif sama: 0,49 generasi per hari, hanya saja populasi sel diakhir penelitian lebih besar untuk salinitas 20‰. Disamping mampu beradaptasi terhadap perubahan salinitas, spesies ini juga mempunyai daya toleransi terhadap kondisi lingkungan ekstrim dan memiliki sifat resistensi yang tinggi untuk dapat tumbuh pada kondisi abiotik di luar kondisi optimalnya (VONSHAK, 1988).

### **Halotoleran *Porphyridium aerugineum***

Pertumbuhan terbaik *Porphyridium aerugineum* dideteksi pada salinitas air tawar (Gambar 6.2). Peningkatan kadar garam media kultur mengakibatkan penurunan pertumbuhan mikroalga ini. Terjadi penurunan populasi sel sebesar 60 % jika salinitas ditingkatkan menjadi 5‰, dan sebesar 75 % untuk peningkatan salinitas menjadi 10‰. Observasi lain menunjukkan adanya kecenderungan mikroalga ini untuk bergumpal dan menempel di dinding erlenmeyer dengan adanya peningkatan salinitas.



Gambar 6.2. Pertumbuhan *Porphyridium aeruginum* pada salinitas berbeda

Peningkatan salinitas juga memperlambat tercapainya dan memperpendek fase eksponensial pertumbuhan (Tabel 6.2). Fase eksponensial terlama ditemukan pada salinitas air tawar (6 hari), selama 4 ahri untuk salinitas 5‰ dan 2 hari untuk salinitas 10‰. Sebaliknya lamanya fase laten semakin panjang seiring dengan peningkatan salinitas. Fase laten terpendek diidentifikasi pada kultur yang direalisir di air tawar (3 hari).

Tabel 6.2. Karakteristik pertumbuhan *Porphyridium aeruginum* yang dikultur pada dan salinitas berbeda.

	Salinitas					
	0‰	5‰	10‰	20‰	30‰	40‰
Fase laten (hari)	3	5	6	9	9	9
Fase eksponensial (hari)	6	4	2	0	0	0
T ½ (Hari)	1,5	2,5	3,2	8,37	-	-
μ (generasi/hari)	0,66	0,40	0,31	0,12	-	-
Konsentrasi sel di akhir eksperimen (x10 <sup>4</sup> sel/ml)	235	93	55	26	10	6

Analisis waktu pembelahan sel memperlihatkan bahwa sel relatif membutuhkan waktu agak lama dengan adanya peningkatan kadar garam media kultur. Waktu pembelahan sel meningkat perlahan hingga salinitas 5‰ dan meningkat secara drastis pada salinitas 10‰ dan 20‰, sebaliknya pada salinitas 30‰ dan 40‰ sel tidak tumbuh. Salinitas merupakan faktor penghambat bagi *Porphyridium aerugineum*.

Berdasarkan studi halotoleran (Tabel 6.3), *Porphyridium aerugineum* tergolong mikroalga spesies stenohalin. Konsentrasi sel tertinggi diperoleh pada salinitas alaminya dan sedikit mampu mengadaptasi salinitas payau. Pada salinitas payau (5‰ dan 10‰) pertumbuhannya semakin berkurang, dan pada salinitas air laut (30‰ dan 40‰) tidak terlihat lagi adanya pertumbuhan bahkan diikuti dengan musnahnya populasi seiring waktu pemeliharaan. Hal serupa juga telah dideteksi SOMMERFELD dan NICHOLS (1970) dan VEGLIA (1991), bahwa media yang diperkaya dengan NaCl dapat menghambat pertumbuhan dan bahkan memacu terjadinya perpecahan sel mikroalga ini.

Analisis laju pertumbuhan memperjelas efek negatif dari salinitas terhadap perkembangan sel *Porphyridium aerugineum*. *Growth rate* mikroalga ini dua kali lebih rendah pada kultur dengan salinitas 10‰ dibandingkan dengan kultur menggunakan air tawar.

Tabel 6.3. Halotoleran *Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum*

Jenis	Salinitas						
	0‰	2‰	5‰	10‰	20‰	30‰	40‰
<i>P. cruentum</i>	nd	+	nd	++	++	+	+
<i>P. aerugineum</i>	++	nd	+	+	o	-	-

Keterangan:  
 ++ : pertumbuhan baik  
 + : pertumbuhan agak baik  
 o : pertumbuhan terbatas  
 - : tidak ada pertumbuhan/sel mati  
 nd : tidak ada eksperimen

## 6.2. Pertumbuhan dan Produksi *Porphyridium cruentum* pada temperatur, salinitas dan fotoperioda berbeda

*Porphyridium cruentum* adalah jenis mikroalga yang telah dikultur dalam berbagai media: Brody dan Emerson (BRODY dan EMERSON, 1959), Jones (JONES, SPEER dan KURY, 1963), Hemerick (1973), Aquil (MOREL, REUTER, ANDERSEON dan GUILLARD, 1979). Hasilnya memperlihatkan bahwa mikroalga ini tumbuh dengan baik. Perkembangannya dalam media F/2 Guillard masih terbatas dipelajari, padahal penggunaan media ini terhadap sejumlah jenis mikroalga memberikan hasil memuaskan, seperti *Chaetoceros calcitrans*, *Nitzschia closterium*, *Skeletonema costatum*, *Dunaliella tertiolecta*, *Nannochlorosis atomus*, *Tetraselmis chui*, *Isochrysis galbana*, *Pavlova salina*. Studi penggunaan media F/2 Guillard dengan berbagai parameter lingkungan: temperatur (20 °C dan 25 °C), fotoperioda (10j/14j, 14j/10j, 18j/6j: jam/jam, terang/gelap) dan salinitas (25 ‰, 31‰, 37‰) dengan pertumbuhan *Porphyridium cruentum* telah dipelajari pada kultur volume 20 liter dan intensitas cahaya 40 µE/m<sup>2</sup>/det.

### Pengaruh Temperatur

Temperatur memberi pengaruh terhadap pertumbuhan sel *Porphyridium cruentum*. Pengaruh terjelas terlihat pada kultur yang dikembangkan pada fotoperioda 10j/14j. Konsentrasi sel di akhir eksperimen lebih tinggi sebesar 20 – 30 % pada temperatur 25 °C dibandingkan konsentrasi sel pada temperatur 20 °C. Temperatur menghambat pertumbuhan sel apabila fotofase lebih panjang dibandingkan scotofase. Sungguhpun perbedaannya tidak begitu besar tetapi nilai paling tinggi diidentifikasi pada temperature 25 °C, kecuali pada salinitas 31‰ dengan fotoperioda 14j/10j (Gambar 6.3 dan 6.4).

Waktu pembelahan sel dari mikroalga merah ini relatif lebih tinggi pada temperatur kultur 20 °C dibandingkan temperatur 25 °C (Tabel 6.4). Sel



membelah secara cepat pada seluruh fotoperioda tetapi pembelahan tercepat dijumpai pada scotofase 14 jam dan salinitas 37 ‰.

Pengaruh temperatur terhadap berat kering *Porphyridium cruentum* bervariasi sesuai salinitas. Perbedaan berat kering antara 20 °C dan 25 °C relatif lebih kecil pada salinitas 25 ‰ dengan fotoperioda 14j/10j dan 18j/6j. Sebaliknya, dengan fotoperioda tersebut perbedaan berat kering antara mikroalga yang dikultur pada temperatur 20 °C dan 25 °C lebih jelas terlihat pada salinitas 31 ‰ dan 37 ‰.

Tabel 6.4. Waktu pembelahan sel (hari) *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada temperatur 20 °C dan 25 °C, salinitas dan fotoperioda berbeda.

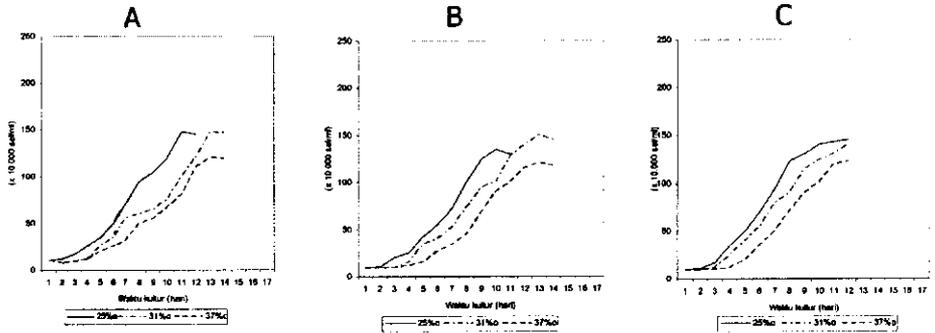
Salinitas	Fotoperioda					
	10j/14j		14j/10j		18j/6j	
	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C
25‰	1,97	1,52	1,86	1,44	1,80	1,42
31‰	2,16	1,57	1,71	1,41	1,87	1,53
37‰	2,37	2,48	2,31	1,72	1,98	1,82

### Pengaruh Salinitas

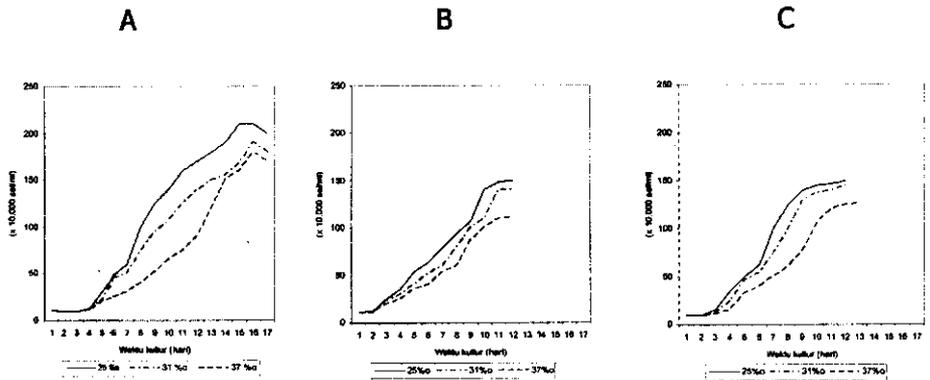
Salinitas mampu memodifikasi konsentrasi sel *Porphyridium cruentum* mengikuti temperatur (Gambar 6.3 dan 6.4). Pada temperatur 25 °C, konsentrasil sel menurun seiring dengan peningkatan kadar garam media kultur. Perbedaan konsentrasi sel di akhir fase eksponensial lebih nyata terlihat pada salinitas 25 ‰ dan 37 ‰. Pada temperatur 20 °C, waktu capaian konsentrasi sel maksimum semakin lambat sesuai salinitas; kecuali pada fotofase lebih lama (18 jam).

Waktu pembelahan sel *Porphyridium cruentum* meningkat seiring dengan peningkatan salinitas. Perbedaan waktu pembelahan sel lebih nyata terlihat pada fotofase pendek (10 jam).

Modifikasi berat kering sesuai salinitas kultur sama seperti modifikasi konsentrasi sel. Peningkatan salinitas memperlambat munculnya fase eksponensial pertumbuhan mikroalga ini. Kadar berat kering tertinggi diidentifikasi pada salinitas 31 ‰ dan 25 ‰.



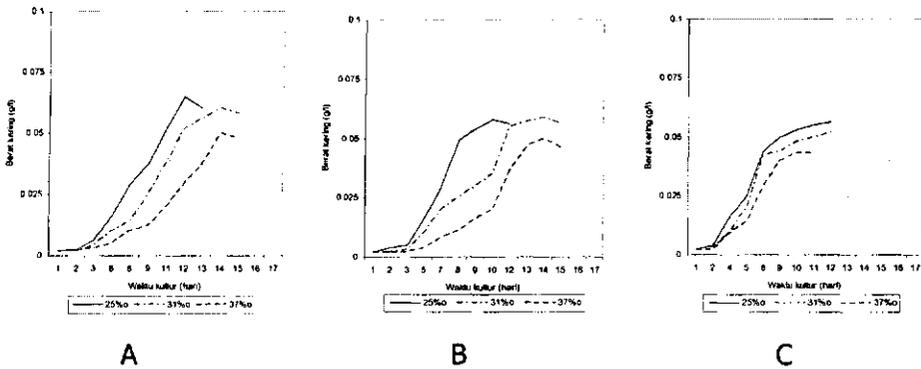
Gambar 6.3. Pertumbuhan sel *Porphyridium cruentum* yang di kultur pada 20 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda (A = 10j/14j, B = 14j/10j, C = 18j/6j)



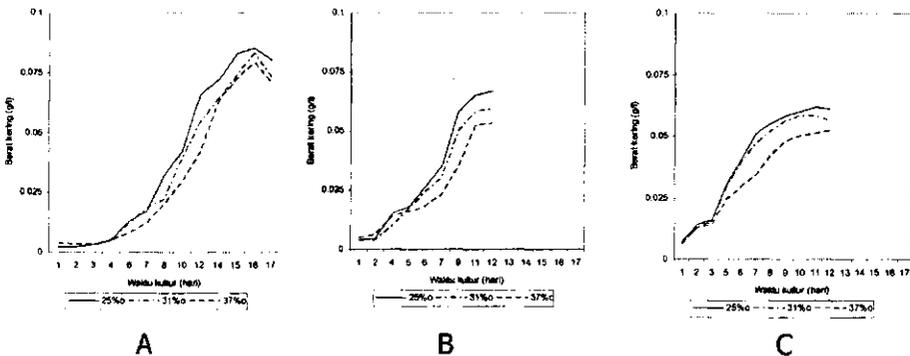
Gambar 6.4. Pertumbuhan sel *Porphyridium cruentum* yang di kultur pada 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda (A = 10j/14j, B = 14j/10j, C = 18j/6j)

## Pengaruh Fotoperioda

Fotoperioda sedikit berpengaruh terhadap pertumbuhan *Porphyridium cruentum* (konsentrasi sel dan kadar berat kering) jika mikroalga ini dikultur pada temperatur 20 °C (Gambar 6.3 dan 6.4). Pada temperatur 25 °C, populasi paling besar dideteksi pada fotoperioda 10j/14j, dengan konsentrasi sel hampir 2 juta sel/ml yang dicapai pada hari keempat. Peningkatan fotofase (14 jam dan 18 jam) menghambat pertumbuhan mikroalga ini sekitar sepertiga dibandingkan fotofase 10 jam.



Gambar 6.5. Berat kering *Porphyridium cruentum* yang di kultur pada 20 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda (A = 10j/14j, B = 14j/10j, C = 18j/6j)



Gambar 6.6. Berat kering *Porphyridium cruentum* yang di kultur pada 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda (A = 10j/14j, B = 14j/10j, C = 18j/6j)

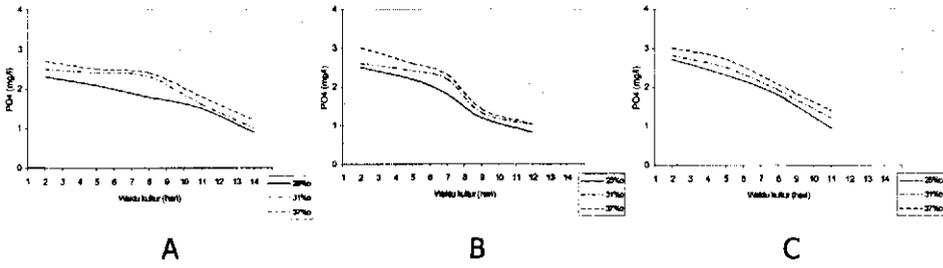
Data waktu pembelahan sel sesuai fungsi fase cahaya telah menggambarkan pengaruh cahaya terhadap pembelahan sel. Waktu pembelahan sel tercepat ditemui pada fotofase panjang (18 jam): 1,42-1,98 hari. Penurunan fase cahaya pada 14 jam dan 10 jam mampu menurunkan kecepatan pembelahan sel *Porphyridium cruentum*. Nilai yang diperoleh masing-masing 1,41-2,31 hari pada fotoperioda 14j/10j dan 1,52-2,48 hari pada fotoperioda 10j/14j.

### **Kandungan Posfat dan Nitrat Media Kultur**

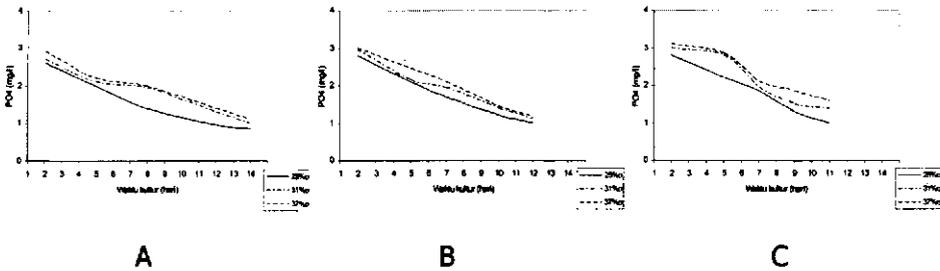
Posfat dan nitrat adalah dua senyawa nutrien yang dibutuhkan oleh mikroalga. Kedua senyawa ini berperan sebagai bahan kimia metabolisme. Penggunaan posfat dan nitrat oleh *Porphyridium cruentum* bervariasi sesuai temperatur. Pada 20 °C, kadar posfat media kultur menurun secara perlahan hingga hari ke lima dan kemudian menurun lebih cepat sebagai akibat penyerapan nutrien ini oleh mikroalga di akhir fase pertumbuhan (Gambar 6.7 dan 6.8). Nitrat dimanfaatkan secara intensif oleh *Porphyridium cruentum* pada kurun tujuh hari pemeliharaan (Gambar 6.9 dan 6.10); dan setelah itu penurunannya terlihat rendah. Kadar posfat sedikit bervariasi sesuai fotoperioda, sebaliknya tidak demikian halnya dengan variasi kadar nitrat. Penurunan kadar nitrat media kultur lebih cepat pada kultur pada fotofase lebih pendek dibandingkan scotofase.

Pada temperatur 25 °C, penurunan kadar nitrat lebih penting setelah hari ke tujuh, tetapi penurunannya hampir sama antara temperatur 20 °C dan 25 °C. Sebaliknya, posfat digunakan secara perlahan dan teratur oleh *Porphyridium cruentum*. Konsumsi elemen nutritif oleh mikroalga ini lebih penting seiring dengan peningkatan fotofase. Konsumsi elemen nutritif paling tinggi dijumpai pada 25 ‰, dimana pada salinitas ini seiring dengan produksi *Porphyridium cruentum* paling besar.

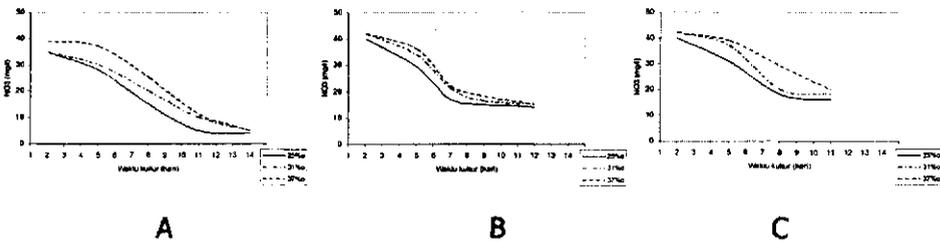




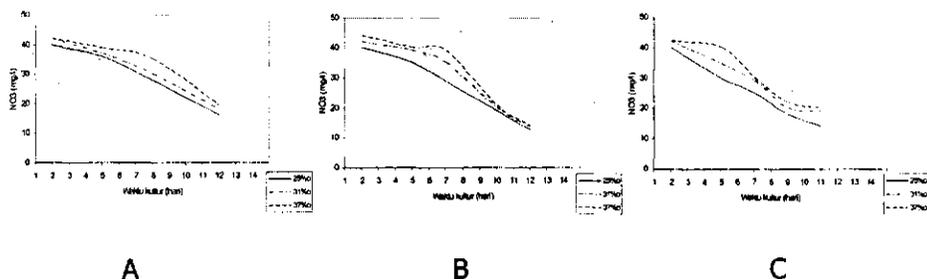
Gambar 6.7. Kadar posfat dalam media kultur *Porphyridium cruentum* yang di kultur pada 20 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda (A = 10j/14j, B = 14j/10j, C = 18j/6j)



Gambar 6.8. Kadar posfat dalam media kultur *Porphyridium cruentum* yang di kultur pada 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda (A = 10j/14j, B = 14j/10j, C = 18j/6j)



Gambar 6.9. Kadar nitrat dalam media kultur *Porphyridium cruentum* yang di kultur pada 20 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda (A = 10j/14j, B = 14j/10j, C = 18j/6j)



Gambar 6.10. Kadar nitrat dalam media kultur *Porphyridium cruentum* yang di kultur pada 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda (A = 10j/14j, B = 14j/10j, C = 18j/6j)

### Kandungan Posfor dan Nitrogen *Porphyridium cruentum*

Salinitas dan fotoperioda sedikit memodifikasi kadar posfor dan nitrogen *Porphyridium cruentum* (Tabel 6.5). Secara umum terjadi peningkatan kadar nitrogen dalam sel mikroalga ini seiring dengan peningkatan kadar garam media kultur. Sebaliknya, temperatur tidak mempengaruhi kemampuan serap nitrogen jika *Porphyridium cruentum* dikembangkan pada fotofase 14 jam dan 18 jam.

Perbandingan atom N/P bervariasi antara 17,8/1 dan 28,3/1 sesuai kondisi kultur. Pada temperatur 20 °C, perbandingannya lebih dominan pada fotofase pendek (10 jam), sebaliknya perbandingan ini tidak berfluktuasi pada temperatur 25 °C.



Tabel 6.5. Kadar posfor dan nitrogen (%) dan perbandingan N/P *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada 20 °C dan 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda.

	20 °C								
	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	25‰	31‰	37‰	25‰	31‰	37‰	25‰	31‰	37‰
Posfor	1,45	1,42	1,56	1,61	1,45	1,78	1,54	1,43	1,63
Nitrogen	16,57	16,46	19,32	12,52	12,10	14,81	12,02	12,00	13,23
N/P	26/1	26,4/1	28,3/1	17,8/1	19,1	19/1	17,8/1	19,2/1	18,6/1
	25 °C								
	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	25‰	31‰	37‰	25‰	31‰	37‰	25‰	31‰	37‰
Posfor	1,11	1,14	1,19	1,25	1,39	1,60	1,54	1,40	1,41
Nitrogen	9,97	9,52	10,10	11,11	12,01	14,66	13,25	12,00	12,35
N/P	20,5/1	19,1/1	19,4/1	20,3/1	19,7/1	20,9/1	19,7/1	19,6/1	20/1

### Produksi *Porphyridium cruentum*

Produksi *Porphyridium cruentum* bervariasi antara 0,15 – 0,26 g/l. Pengaruh salinitas dan temperatur amat terbatas pada produksi rhodophyceae ini (Tabel 6.6). Fotoperioda merupakan parameter yang memodifikasi lebih besar variasi produksi. Hasil panen tertinggi didapatkan pada fotofase rendah (10 jam). Peningkatan periode cahaya memicu penurunan produksi mikroalga ini.

Tabel 6.6. Produksi *Porphyridium cruentum* (g/l) pada kultur 20 °C dan 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda.

Salinitas	Fotoperioda					
	10j/14j		14j/10j		18j/6j	
	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C
25‰	0,16	0,23	0,16	0,16	0,15	0,16
31‰	0,26	0,20	0,16	0,19	0,16	0,20
37‰	0,24	0,22	0,16	0,20	0,16	0,20

Pertumbuhan mikroalga ditentukan oleh parameter lingkungan, baik lingkungan fisik dan kualitas nutrisi maupun faktor biotik, seperti: habitat asal, predasi dan kompetisi (CAPLANCO, 1982). Temperatur dan cahaya merupakan dua parameter utama yang mempengaruhi produksi biomassa mikroalga selama kultur (DERMOUN, CHAUMONT, THEBAULT dan DAUTA, 1992). Kasus yang sama juga terjadi pada *Porphyridium cruentum*.

Temperatur merupakan faktor lingkungan penting yang menentukan pembelahan sel di perairan alami dan juga selama kultur (GOLDMAN, 1977). Sungguhpun demikian, selama eksperimen dapat diidentifikasi bahwa pertumbuhan *Porphyridium cruentum* pada kisaran temperatur 20 °C dan 25 °C memperlihatkan hasil yang hampir sama. Pada fotofase pendek (10 jam), pembelahan dan peningkatan jumlah sel terbesar dari rhodophyceae ini terjadi pada temperatur 25 °C. AHERN, KATOH dan SADA (1983) membuktikan juga bahwa nilai berat kering mikroalga meningkat dengan temperatur. Berdasarkan waktu pembelahan sel, mikroalga ini membelah lebih cepat pada temperatur 25 °C dibandingkan 20 °C. Hasil ini sejalan dengan hasil studi DERMOUN (1987) bahwa *Porphyridium cruentum* mampu mengadaptasi temperatur antara 5 sampai 30 °C; dengan temperatur optimal bagi pertumbuhan berkisar 21 – 26 °C (VONSHAK, 1988). Peningkatan temperatur hingga 30 °C dan penurunan hingga 20 °C dapat meningkatkan waktu pembelahan sel mikroalga ini (DERMOUN, 1987).

Salinitas juga mampu memodifikasi produksi mikroalga laut ini. *Porphyridium cruentum* mampu menyangga variasi salinitas (VONSHAK, 1988; CHRETIENNOT-DINNET, 1990), sehingga spesies ini dapat dijumpai di perairan pantai dan perairan laut (OTT, 1972; ERNEST dan PRINGSHEIM, 1949). Pertumbuhan optimalnya dijumpai pada salinitas yang bervariasi antara seperempat dan setengah kadar garam air laut. Sedangkan jika dipelihara pada salinitas lebih tinggi akan memperpanjang waktu tumbuh secara tersuspensi, setelah sebelumnya cenderung menempel di wadah kultur. Menurut SOMMERFELD dan NICHOLS (1970), *Porphyridium cruentum* mampu



mentolerir salinitas 1 – 87,5 ‰, tetapi salinitas optimal untuk pertumbuhannya tergantung kepada galur. Pada eksperimen dengan volume besar, *Porphyridium cruentum* tumbuh dengan baik pada salinitas 25 ‰ dibandingkan 37 ‰. Kejadian yang sama juga teridentifikasi pada mikroalga jenis *Dunaliella viridis* yang dipelihara dengan sistem *batch culture* (JIMENEZ dan NIELL, 1991). Pertumbuhan chlorophyceae ini lebih baik pada salinitas lebih rendah dari kondisi alaminya.

Kecepatan tumbuh (*growth rate*) tertinggi dari *Porphyridium cruentum* (Tabel 6.7) diidentifikasi pada salinitas 25 ‰ (rata-rata 0,6 generasi/hari); dan terendah dijumpai pada salinitas 37 ‰ (rata-rata 0,4 generasi/hari).

Tabel 6.7. *Growth rate* (generasi/hari) *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada temperatur 20 °C dan 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda.

Salinitas	Fotoperioda					
	10j/14j		14j/10j		18j/6j	
	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C
25‰	0,51	0,66	0,54	0,69	0,56	0,71
31‰	0,46	0,64	0,50	0,71	0,54	0,62
37‰	0,42	0,40	0,43	0,58	0,51	0,55

DERMOUN (1987) juga menemukan bahwa *Porphyridium cruentum* yang dipelihara pada media Hemerick dan kadar natrium klorida sebesar 29 g/l mempunyai waktu pembelahan dan kuantitas sel terbaik jika diintraduksikan intensitas cahaya sebesar 15 watt/m<sup>2</sup> dan temperatur 25 °C. Selanjutnya LEE dan BAZIN (1991) menemukan bahwa pertumbuhan optimal rhodophyceae ini menggunakan media Aquil adalah kadar NaCl 25 g/l dan temperatur 23 °C, pH 8, serta intensitas cahaya 3.331 – 8.138 kJ/L/jam. Temuan LEE dan BAZIN (1991) hampir sama dengan kultur rhodophyceae ini yang direalisasi menggunakan media Guillard. Tingginya nilai *growth rate* berkorelasi negatif dengan berat sel (Tabel 6.8).

Tabel 6.8. Berat sel ( $\mu\text{g}/\text{sel}$ ) *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada temperatur 20 °C dan 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda.

Salinitas	Fotoperioda					
	10j/14j		14j/10j		18j/6j	
	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C
25‰	34,68	33,50	36,08	39,50	37,77	56,03
31‰	34,88	32,51	32,22	42,84	38,39	59,44
37‰	29,96	34,50	37,82	46,61	39,81	61,62

Peningkatan fase cahaya memacu jumlah pembelahan sel *Porphyridium cruentum*. Waktu pembelahan sel semakin singkat seiring dengan semakin panjangnya periode cahaya, sehingga frekuensi pembelahan sel lebih banyak pada kedua temperatur eksperimen dijumpai pada fotoperioda 18j/6j. Hasil ini sejalan dengan temuan DERMOUN (1987) bahwa peningkatan fase cahaya juga memacu waktu pembelahan sel *Porphyridium cruentum*. Fase cahaya lebih dari 18 jam juga merangsang pertumbuhan *Porphyridium cruentum* galur 161 dan galur 637 (SOMMERFELD dan NICHOLS, 1970). Sebaliknya pertumbuhan optimal *Porphyridium cruentum* galur 1380-1A, 1380-1B dan 1380-1C dijumpai pada fotofase kurang dari 12 jam. Energi cahaya dapat menjadi faktor penghambat pembelahan sel rhodophyceae ini. Pada fotoperioda 18j/6j terlihat bahwa scotofase selama 6 jam telah cukup baginya untuk bereproduksi. Konsentrasi sel meningkat selama fase gelap dan stabil selama fase cahaya (DERMOUN, 1987). Selain itu, terjadinya peningkatan ukuran sel selama fotofase diperkirakan sebagai akibat dari tingginya pembentukan elemen-elemen konstitutif sel selama periode cahaya. Variasi sel serupa juga teridentifikasi dari studi GENZE, GUERIN-DUMARTRAIT, LECLERC dan MIHARA (1969). Ahli ini menemukan bahwa terjadi peningkatan volume rata-rata sel *Porphyridium cruentum* dua kali lebih besar selama fase cahaya. DERMOUN (1987) juga menemukan bahwa peningkatan volume sel *Porphyridium cruentum* terjadi selama fase cahaya pada media Hemerick.



Pada fotofase 10 jam, ukuran selnya lebih kecil dibandingkan sel yang dikultur pada fotofase 14 dan 18 jam. Pembelahan sel yang terjadi selama fase gelap menghasilkan sel anak dengan volume lebih kecil; dan pada gilirannya memberikan pengaruh bagi ukuran dalam populasi sel. LECLERC (1967) juga telah membuktikan bahwa pembelahan sel pada fase gelap memberikan pengaruh pada penurunan diameter rata-rata sel.

### **6.3. Pertumbuhan dan Produksi *Porphyridium aeruginum* pada Salinitas dan Fotoperioda Berbeda**

*Porphyridium aeruginum* adalah mikroalga yang kaya akan senyawa polisakarida (VONSHAK, 1988). Faktor lingkungan seperti cahaya, temperatur dan salinitas merupakan parameter alami yang dapat mengendalikan pertumbuhan alga fitoplanktonik (DAUTA, 1983). Respon dari 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 organisma saling berkaitan antara satu dengan yang lainnya.

Mikroalga yang digunakan adalah *Porphyridium aeruginum* yang berasal dari koleksi Institut Pasteur Paris. Media kultur yang digunakan berupa air laut buatan yang diperkaya dengan media F/2 Guillard (GUILLARD dan RYTHIER, 1963) yang tersusun atas elemen nutritif: NaNO<sub>3</sub> (75 mg/l), NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O (5 mg/l), Na<sub>2</sub>-EDTA (4,36 mg/l), FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O (3,15 mg/l), CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O (0,1 mg/l), ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (0,022 mg/l), CoCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O (0,01 mg/l), MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O (0,18 mg/l), Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O (0,006 mg/l), Thiamin (0,01 mg/l), Cyanocobalamin (0,5 µg/l), Biotin (0,5 µg/l).

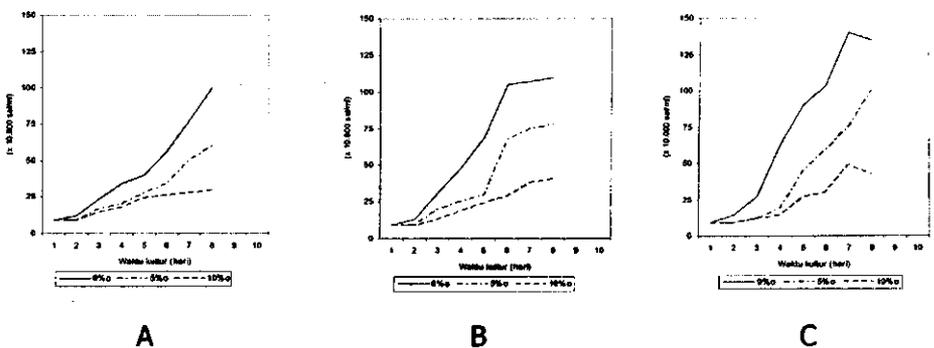
Kultur dilakukan dengan sistem *batch culture*, dimana media kultur tanpa pembaharuan dan hanya diperkaya dengan elemen-elemen nutritif diawal eksperimen. Prinsipnya adalah untuk mendeterminasi perkembangan biomassa dalam kondisi media masih kaya akan elemen nutritif. Penelitian

dilaksanakan dalam kemostat berkapasitas 20 liter yang dilengkapi dengan pengudaraan 4,5 L/menit serta pada temperatur 20 °C dan 25 °C. Sumber cahaya berasal dari 10 lampu neon (@ 36 watts) dengan intensitas sekitar 40  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{detik}$ . Variasi faktor abiotik yang dipelajari meliputi salinitas: 0 ‰, 5 ‰, 10 ‰, dan fotoperioda: 10j/14j, 14j/10j, 18j/6j (j/j = jam/jam).

### Pengaruh Temperatur

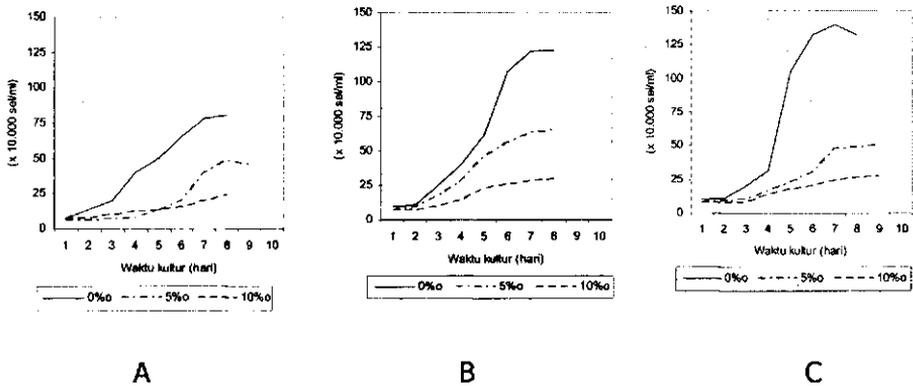
Temperatur memodifikasi secara nyata konsentrasi sel *Porphyridium aeruginum* jika dikultur bukan pada biotop alaminya (Gambar 6.11 dan 6.12). Pada media air tawar, konsentrasi sel rhodophyceae ini relatif sama antara temperatur 20 °C dan 25 °C. Namun, perbedaan konsentrasi sel lebih jelas terlihat pada akhir masa pemeliharaan.

Pada kondisi kultur tidak optimal, peningkatan temperatur sebesar 5 °C memberi pengaruh negatif terhadap konsentrasi sel. Pada fotoperioda 10j/14j, perbedaan konsentrasi sel antara salinitas 0 ‰ dengan salinitas 5 ‰ mencapai 29 %; dan dengan salinitas 10‰ mencapai 30 %. Pada fotofase 14 jam, perbedaan konsentrasi sel antara media air tawar dengan salinitas 5 ‰ mencapai 19 %; dan lebih kurang 27 % dengan salinitas 10‰. Pada scotofase rendah (6 jam), konsentrasi sel dua kali lebih rendah untuk salinitas 5 ‰ dan 40 % untuk salinitas 10‰ dibandingkan konsentrasi sel pada salinitas 0 ‰.



Gambar 6.11. Pertumbuhan sel *Porphyridium aeruginum* yang di kultur pada 20 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda (A = 10j/14j, B = 14j/10j, C = 18j/6j)





Gambar 6.12. Pertumbuhan sel *Porphyridium aeruginosum* yang di kultur pada 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda (A = 10j/14j, B= 14j/10j, C = 18j/6j)

Waktu pembelahan sel juga bervariasi sesuai temperatur (Tabel 6.9). Peningkatan temperatur sebesar 5 °C memperlambat pembelahan sel *Porphyridium aeruginosum*, terutama pada fotoperioda 10j/14j dan 14j/10j. Sebaliknya pada fotofase lebih panjang (18 jam), pembelahan sel malahan terpacu dengan temperatur. Temperatur 20 °C memberikan nilai waktu pembelahan sel lebih rendah dari pada temperatur 25 °C.

Perbedaan berat kering sesuai temperatur tidak berbeda apabila *Porphyridium aeruginosum* dikembangkan pada media air tawar. Sebaliknya, perbedaan berat kering ini lebih dominan jika rhodophyceae dipelihara pada salinitas air payau (Gambar 6.13 dan 6.14). Pada salinitas alaminya, kurva biomassa mikroalga ini relatif sama pada fotofase pendek (10 jam) dengan fotofase panjang(18 jam). Tetapi diakhir eksperimen, perbedaan biomassa lebih dominan, dengan kadar berat kering lebih tinggi pada temperatur 20 °C. Pada fotoperioda 14j/10j teridentifikasi bahwa berat kering mikroalga ini lebih besar 7 % pada temperatur 25 °C dibandingkan biomassa pada temperatur 20 °C.

Tabel 6.9. Waktu pembelahan sel (hari) *Porphyridium aeruginum* pada temperatur 20 °C dan 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda.

Salinitas	Fotoperioda					
	10j/14j		14j/10j		18j/6j	
	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C
0 ‰	2,08	1,59	1,37	1,22	1,00	1,07
5 ‰	2,39	1,88	1,84	1,85	1,64	1,97
10 ‰	3,81	3,68	2,70	2,49	2,29	4,07

*Porphyridium aeruginum* yang dikultur pada media air payau, berat kering terbesar dijumpai pada temperatur 20 °C untuk semua fotoperioda. Perbedaan berat kering antara kedua temperatur terlihat lebih jelas pada fotofase 10 jam dan fotofase 18 jam.

Pada temperatur 25 °C dan salinitas 5‰ terjadi penurunan biomassa lebih kurang 28 % dengan fase cahaya 10 jam; dan sebesar lebih kurang 30 % dengan fase cahaya 18 jam dibandingkan biomassa pada salinitas 0‰. Untuk salinitas 10‰, penurunan biomassa sekitar 20 % untuk fotoperioda 10j/14j; dan sekitar 16 % untuk fotoperioda 18j/6j dibandingkan biomassa pada media air tawar.

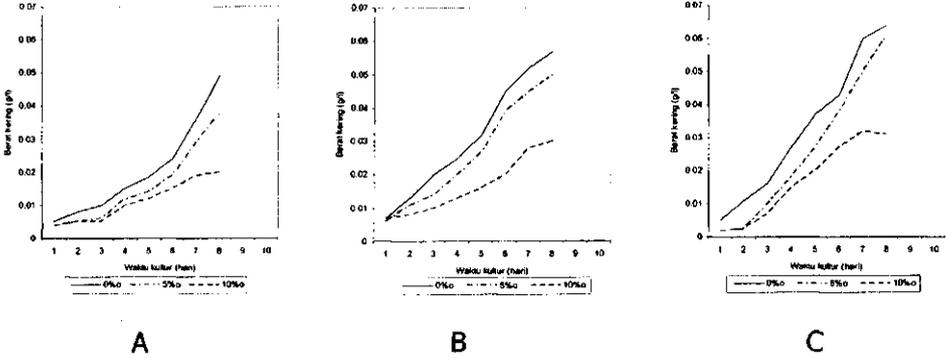
### Pengaruh Salinitas

Secara global, salinitas lebih mempengaruhi perkembangan *Porphyridium aeruginum* ini dibandingkan fotoperioda (Gambar 6.11 dan 6.12). Pertumbuhan sel paling baik diperoleh pada kultur menggunakan air tawar, yang merupakan media asal rhodophyceae ini. Kultur *Porphyridium aeruginum* yang direalisasikan pada air payau dapat memperlambat pertumbuhannya, dan kelambatan ini seiring dengan peningkatan kadar garam media kultur.

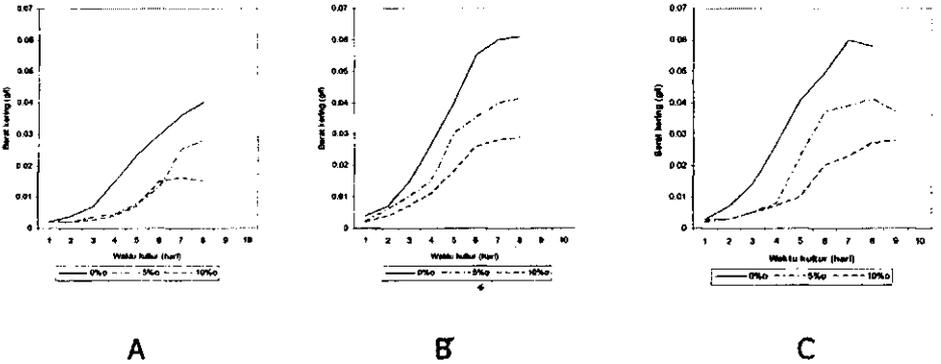
Di akhir kultur, perbedaan produksi antara kultur rhodophyceae ini yang direalisasikan menggunakan air tawar dan air payau relatif lebih penting.



Untuk salinitas 10 ‰, konsentrasi sel mengalami penurunan sebesar 60 - 70 %; dan untuk salinitas 5 ‰, populasi sel bervariasi antara 26 - 63 % lebih kecil dibandingkan populasi mikroalga ini yang dikultur di air tawar.



Gambar 6.13. Berat kering *Porphyridium aeruginum* yang di kultur pada 20 °C dengan salinitas dan photoperioda berbeda (A = 10j/14j, B= 14j/10j, C = 18j/6j)



Gambar 6.14. Berat kering *Porphyridium aeruginum* yang di kultur pada 25 °C dengan salinitas dan photoperioda berbeda (A = 10j/14j, B= 14j/10j, C = 18j/6j)

Selain itu, salinitas juga memberikan variasi terhadap waktu pembelahan sel *Porphyridium aeruginosum* (Tabel 6.9). Secara umum, pembelahan sel rhodophyceae ini semakin lambat dengan adanya peningkatan salinitas media kultur. Untuk media air tawar, waktu pembelahan sel tercatat sebesar 1 - 2,08 hari pada temperatur 20 °C, dan sebesar 1,07- 1,59 hari pada temperatur 25 °C. Untuk salinitas 5 ‰, variasi waktu pembelahan sel berkisar pada 1,64-2,39 hari (pada temperatur 20 °C) dan 1,88 - 1,97 hari (pada temperatur 25 °C). Untuk salinitas 10 ‰, waktu pembelahan sel semakin lebih panjang, yakni sebesar 2,29 – 3,81 hari pada temperatur 20 °C dan 2,49 - 4,07 hari pada temperatur 25 °C.

Berdasarkan kadar berat kering, biomassa *Porphyridium aeruginosum* juga bervariasi sesuai salinitas (Gambar 6.13 dan 6.14). Salinitas juga memberikan efek negatif terhadap berat kering, di mana efek ini semakin penting seiring dengan penambahan kadar garam dalam media kultur. Pada temperatur 20 °C, penurunan biomassa mencapai 10 – 20 % untuk salinitas 5 ‰; dan hampir 50 % untuk salinitas 10‰ dibandingkan biomassa pada salinitas 0‰. Pada temperatur 25 °C, biomassa pada kultur menggunakan air tawar selalu lebih profit dibandingkan dua salinitas lainnya: berbanding antara 32 - 35 % dengan kultur pada salinitas 5 ‰ dan antara 52 - 60 % dengan kultur pada salinitas 10 ‰.

### **Pengaruh Fotoperioda**

Pengaruh fotoperioda terhadap perkembangan sel *Porphyridium aeruginosum* juga lebih dominan (Gambar 6.11 dan 6.12). Konsentrasi dan peningkatan jumlah sel lebih dominan seiring dengan perpanjangan perioda cahaya. Konsentrasi sel tertinggi diakhir eksperimen teridentifikasi pada fotoperioda 18j/6j. Sebagai gambaran dapat dilihat pada salinitas 5 ‰ dengan temperatur 20 °C. Pada kondisi kultur tersebut, populasi *Porphyridium aeruginosum* pada fase cahaya 18 jam lebih tinggi sekitar 20 % dibandingkan



fotofase 14 jam; dan 36 % lebih tinggi dibandingkan fotofase 10 jam. Pada temperatur 25 °C, perpanjangan lamanya fotofase melebihi 10 jam relatif dapat memacu pertumbuhan konsentrasi sel rhodophyceae ini. Pertumbuhan sel lebih penting untuk ketiga salinitas eksperimen dijumpai pada fotofase hingga 14 jam. Sebaliknya, peningkatan fotofase hingga 18 jam memperlihatkan pertumbuhan sel lebih rendah dibandingkan fotofase 14 jam, namun masih lebih baik jika dibandingkan dengan kultur pada fotofase 10 jam. Pengaruh perbedaan fotoperioda terhadap konsentrasi sel mikroalga ini 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; dan hampir dua kali lipat lebih penting dibandingkan dengan populasi sel yang dikultur pada fotoperioda 10j/14j. Sebaliknya pada salinitas 10 ‰, peningkatan konsentrasi sel seiring dengan perpanjangan lamanya fotofase tidak sepesat dua salinitas sebelumnya.

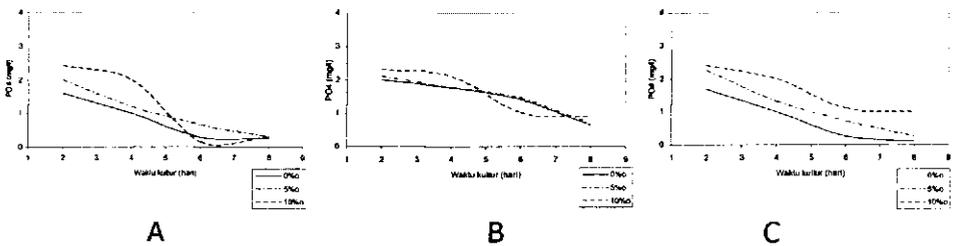
Pengaruh fotoperioda terhadap evolusi berat kering *Porphyridium aerugineum* tidak sebesar pengaruh salinitas. Lama fase cahaya memainkan peran primordial terhadap produksi biomassa. Scotofase selama 14 jam memberi pengaruh penurunan biomassa diakhir eksperimen dan memperlambat evolusi biomassa (Gambar 6.13 dan 6.14). Fotofase lebih panjang mampu meningkatkan produksi berat kering sebesar 20 % - 30 % sesuai kondisi kultur.

Fotoperioda juga memberi pengaruh terhadap kurva pertumbuhan *Porphyridium aerugineum*. Fotofase pendek (10 jam) memperlambat munculnya fase eksponensial. Sebaliknya, fase cahaya lebih panjang (18 jam) memperpendek fase eksponensial sehingga konsentrasi sel maksimal dicapai lebih cepat dibandingkan fotofase lain. Fotofase juga memodifikasi waktu pembelahan sel *Porphyridium aerugineum* (Tabel 6.9). Reproduksi rhodophyceae semakin lambat dengan adanya penurunan fase penyinaran. Pada temperatur 20 °C, waktu pembelahan sel untuk fotoperioda 10j/14j sebesar 2,08 – 3,81 hari; untuk fotoperioda 14j/10j sebesar 1,37 – 2,70; dan

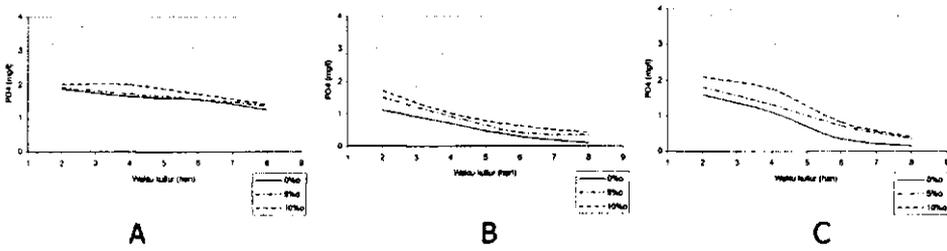
untuk fotoperioda 18j/6j sebesar 1 – 2,29 hari. Pada temperatur 25 °C, waktu pembelahan sel Untuk fotoperioda 10j/14j sebesar 1,59 - 3,68 hari; untuk fotoperioda 14j/10j sebesar 1,22 – 2,49 hari; dan untuk fotoperioda 18j/6j sebesar 1,07 – 4,07 hari.

### Kandungan Posfat dan Nitrat Media Kultur

*Porphyridium aerugineum* memanfaatkan lebih atau kurang intensif posfat sesuai kondisi kultur (Gambar 6.15 dan 6.16). Pada perairan tawar, posfat dimanfaatkan secara intensif. Tinggi pemanfaatan ini seiring pula dengan tingginya populasi rhodophyceae. Semakin tinggi salinitas media kultur maka konsumsi terhadap posfat media kultur semakin menurun. Konsumsi posfat terbesar dijumpai pada temperatur 20 °C dengan fotofase 14 jam dan 18 jam. Dalam seluruh kasus, profil penurunan posfat dalam media kultur hampir sama dimana konsumsi posfat oleh *Porphyridium aerugineum* meningkat setelah hari keempat masa pemeliharaan.

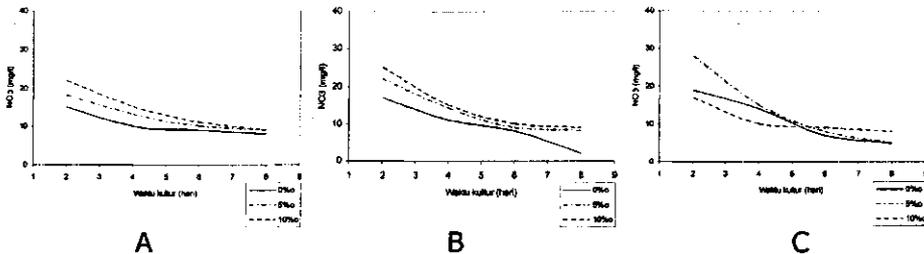


Gambar 6.15. Kadar posfat dalam media kultur *Porphyridium aerugineum* yang di kultur pada 20 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda (A = 10j/14j, B = 14j/10j, C = 18j/6j)

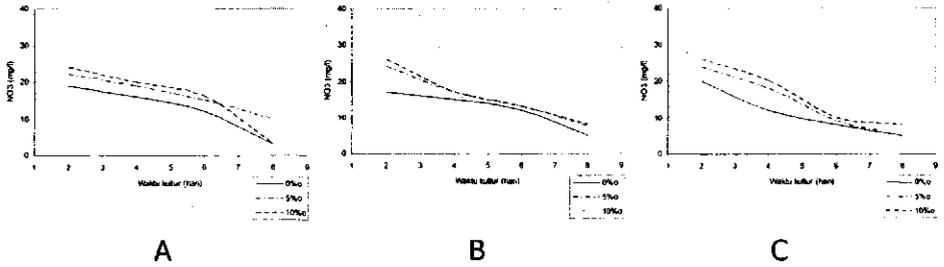


Gambar 6.16. Kadar posfat dalam media kultur *Porphyridium aeruginosum* yang di kultur pada 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda (A = 10j/14j, B = 14j/10j, C = 18j/6j)

Evolusi kadar nitrat selama eksperimen hampir sama dengan evolusi kadar posfat dalam media kultur (Gambar 6.17 dan 6.18), tetapi perbedaan antara salinitas 0‰ dan 5‰ secara umum kurang penting. Pemanfaatan nitrat oleh rhodophyceae ini juga hampir sama antara temperatur 20 °C dan 25 °C. Konsumsi nitrat lebih intensif pada air tawar dengan fase cahaya 14 jam dan 18 jam. *Porphyridium aeruginosum* cenderung memanfaatkan nitrat diawal pemeliharaan terutama pada fotoperioda 18j/6j.



Gambar 6.17. Kadar nitrat dalam media kultur *Porphyridium aeruginosum* yang di kultur pada 20 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda (A = 10j/14j, B = 14j/10j, C = 18j/6j)



Gambar 6.18. Kadar nitrat dalam media kultur *Porphyridium aeruginosum* yang di kultur pada 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda (A = 10j/14j, B = 14j/10j, C = 18j/6j)

### Kandungan Posfor dan Nitrogen *Porphyridium aeruginosum*

Peningkatan temperatur sebesar 5 °C memacu simpanan posfor dan nitrogen dalam sel *Porphyridium aeruginosum*, kecuali pada kultur yang direalisasikan dengan fase cahaya 10 jam (Tabel 6.10). Salinitas tinggi merangsang proses akumulasi posfor dan nitrogen dalam sel, sehingga kadar paling rendah dijumpai pada kultur menggunakan air tawar. Perbandingan atom posfor dan nitrogen (N/P) pada *Porphyridium aeruginosum* bervariasi sesuai kondisi kultur.

Tabel 6.10. Kadar posfor dan nitrogen (%) dan perbandingan N/P *Porphyridium aeruginosum* yang dikultur pada 20 °C dan 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda.

	20 °C								
	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	0‰	5‰	10‰	0‰	5‰	10‰	0‰	5‰	10‰
Posfor	2,44	3,03	6,03	1,73	1,92	3,62	1,92	1,75	2,71
Nitrogen	19,12	23,53	35,29	18,73	18,77	35,26	15,07	15,07	27,40
N/P	7,84	7,77	5,85	10,83	9,78	9,74	7,85	8,62	10,11
	25 °C								
	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	0‰	5‰	10‰	0‰	5‰	10‰	0‰	5‰	10‰
Posfor	1,89	2,73	4,76	1,99	2,58	3,72	2,06	2,88	4,48
Nitrogen	24,27	27,55	40,50	15,59	21,37	30,45	16,77	25,40	36,47
N/P	12,84	10,09	8,51	7,83	8,28	8,19	8,14	8,82	8,14



### Produksi *Porphyridium aerugineum*

Hasil panen *Porphyridium aerugineum* relatif lebih penting pada salinitas air payau dibandingkan air tawar (Tabel 6.11). Produksi pada dua salinitas air payau (5 ‰ dan 10 ‰) relatif sama pada temperatur 25 °C, tetapi sedikit berbeda pada temperatur 20 °C. Perpanjangan scotofase hingga 14 jam memberikan reaksi penurunan produksi. Sebaliknya, perpanjangan fotofase selama 14 jam dan 18 jam dapat sedikit memacu produksi rhodophyceae asal air tawar ini.

Tabel 6.11. Produksi (g/l) *Porphyridium aerugineum* pada temperatur 20 °C dan 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda

Salinitas	Fotoperioda					
	10j/14j		14j/10j		18j/6j	
	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C
0 ‰	0,07	0,07	0,10	0,10	0,12	0,10
5 ‰	0,12	0,10	0,15	0,12	0,12	0,13
10 ‰	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,13

Keberhasilan suatu kultur alga fitoplanktonik ditentukan oleh beberapa parameter, 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 dari spesies yang dikultur pada berbagai parameter sangat perlu untuk diketahui dan dimengerti (MOSS, 1973; DONNAN *et al*, 1985). Faktor abiotik, seperti temperatur dan cahaya, merupakan dua parameter penting dalam menentukan optimalisasi suatu kultur (SMAYDA, 1971; FALKOWSKI, DUBINSKY dan WYMAN, 1985).

Pertumbuhan *Porphyridium aerugineum* hampir sama pada temperatur 20 °C dan 25 °C. Hal ini diduga bahwa kedua temperatur tersebut merupakan

temperatur optimal bagi pertumbuhan rhodophyceae ini. SOMMERFELD dan NICHOLS (1970) telah membuktikan bahwa mikroalga ini tumbuh secara optimal pada temperatur 22 °C. PEKARKOVA, SMARDA dan HINDAK (1989) menemukan bahwa *Porphyridium aerugineum* tumbuh dengan baik pada temperatur 28 °C. Sebaliknya, pembelahan sel rhodophyceae ini menurun pada temperatur 15 °C dan pertumbuhannya menjadi terbatas pada 9 °C (SOMMERFELD dan NICHOLS, 1970).

Fotoperioda dan salinitas juga memodifikasi perkembangan *Porphyridium aerugineum*. Berperan langsung dalam aktifitas fotosintesa, cahaya merupakan faktor primordial kedua setelah temperatur dalam pertumbuhan fitoplankton (VAULOT dan CHISHOLM, 1987). Perpanjangan fotofase dapat memacu fase pertumbuhan, sehingga konsentrasi sel dan biomassa maksimal dapat dicapai lebih cepat dengan penyinaran lebih lama. Berdasarkan pendapat ini, maka eksperimen menggunakan ragam fotoperioda bagi *Porphyridium aerugineum* dapat meningkatkan konsentrasi sel dan produksi. Hal serupa juga telah dibuktikan pada mikroalga jenis *Chlorella pyrenoidosa*, dimana fase cahaya lebih panjang dapat meningkatkan produksinya sebesar 8 - 25 % (SPOEHR dan MILNER, 1949). Berikutnya MOYSE dan YVON (1956) memperlihatkan bahwa pada kultur bervolume 1 liter dengan intensitas cahaya 160 - 240  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{det}$  multiplikasi chlorophyceae jauh lebih cepat dengan penyinaran diskontinyu (fotoperioda 12j/12j). Selain itu, mereka juga membuktikan bahwa penyinaran kontinyu dapat meningkatkan volume sel. Hasil yang sama juga ditemukan KANAZAWA (1964) pada chlorophyceae lain, *Chlorella ellipsoidea*, dengan temperatur 21 °C dan intensitas cahaya 159  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{det}$ .

Eksperimen menggunakan tiga fotoperioda membuktikan akan pentingnya fotofase dan scotofase dalam produktivitas *Porphyridium aerugineum*. Ini terkait langsung dengan aktivitas fotosintesa, baik fase cahaya (sering disebut *photochimic thermoindependent*) maupun fase *biochimic thermodependent* (fase tanpa cahaya). Senyawa 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 pada fase tanpa cahaya untuk sejumlah chlorophyceae uniselular. Hal serupa tidak dijumpai pada *Porphyridium aerugineum*, dimana pembelahan sel lebih dominan setelah interupsi cahaya. Proses mitosa ini bisa juga terjadi selama fase cahaya seperti halnya selama fase tanpa cahaya. Bahkan kadang rhodophyceae ini membutuhkan perioda cahaya lebih panjang dari 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). Di bagian lain DROOP (1958) membuktikan bahwa mikroalga dapat juga menyangga *choc thermic* dan tumbuh kembali normal setelah beberapa hari dikultur pada media yang baru. Tetapi hal ini tidaklah terjadi pada *Porphyridium aerugineum*. Perkembangan mikroalga spesies air tawar ini menurun dengan kenaikan salinitas. Biomassa dan konsentrasi sel tertinggi diperoleh pada kultur yang direalisasikan di air tawar, yang merupakan media alami rhodophyceae ini. Pada air payau, pertumbuhannya semakin menurun dengan peningkatan kadar garam. Hal yang sama juga telah dibuktikan oleh penelitian SOMMERFELD dan NICHOLS (1970) dan VEGLIA (1991), bahwa media yang diperkaya dengan NaCl menghambat pertumbuhan, bahkan memacu terjadinya perpecahan (*lysa*) sel mikroalga ini jika dikembangkan pada air laut.

Analisa kecepatan pembelahan sel (Tabel 6.12) juga memperlihatkan efek negatif dari salinitas ini terhadap perkembangan sel *Porphyridium aerugineum*. Kecepatan perkembangannya dua kali lebih rendah pada kultur



dengan salinitas 10 ‰ dari pada kultur menggunakan air tawar. Di sisi lain, haloadaptasi juga berpengaruh terhadap perubahan berat sel rhodophyceae ini (Tabel 6.13).

Tabel 6.12. Kecepatan pembelahan sel (generasi per hari) *Porphyridium aerugineum* pada temperatur 20 °C dan 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda

Salinitas	Fotoperioda					
	10j/14j		14j/10j		18j/6j	
	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C
0 ‰	0,55	0,63	0,73	0,82	1,00	0,94
5 ‰	0,42	0,69	0,54	0,54	0,61	0,51
10 ‰	0,26	0,27	0,37	0,41	0,44	0,25

Tabel 6.13. Berat rata-rata sel (pg/sel) *Porphyridium aerugineum* pada temperatur 20 °C dan 25 °C dengan salinitas dan fotoperioda berbeda

Salinitas	Fotoperioda					
	10j/14j		14j/10j		18j/6j	
	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C	20 °C	25 °C
0 ‰	47,30	40,31	59,71	76,89	50,69	52,30
5 ‰	51,51	53,71	76,97	57,94	65,10	70,81
10 ‰	47,83	50,23	72,33	77,28	69,74	66,18

*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 dari jenis *Phaedactylum tricornutum* dan *Cyclotella meneghiana*. Untuk *Porphyridium aerugineum*, volume sel semakin membesar dengan adanya peningkatan kadar garam dalam media kultur. Peningkatan volume sel ini bersumber dari semakin membesarnya volume organ-organ sel tertentu atau bertambahnya jumlah vakuola sebagai tempat terkonsentrasinya ion-ion organik: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> (GUDIN dan DOS SANTOS, 1990). Hal serupa juga telah ditemukan WEINCKE, STELZER dan LAUCHLI (1983) pada *Porphyra umbilicalis*. Menurut DICKSON dan KIRST (1987), peningkatan volume intraselular ini akan memperlambat pembelahan binari sel itu sendiri.

Pertumbuhan dan kandungan bahan kering *Porphyridium aerugineum* sangat lambat seiring dengan peningkatan salinitas. Waktu pembelahan sel rhodophyceae ini meningkat dengan peningkatan salinitas, sebaliknya terjadi penurunan kandungan berat kering seiring dengan peningkatan salinitas. Peningkatan fotofase dapat memacu meningkatkan pertumbuhan sel dan kandungan bahan kering *Porphyridium aerugineum*, namun dapat menurunkan waktu pembelahan sel. Berat sel dari rhodophyceae ini meningkat secara baik pada fotofase selama 14 jam.

